ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପାୱାର୍

ଅଧ୍ୟାପକ ଶେଖ୍ ହଫିଜୁଦ୍ଦିନ୍

ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା

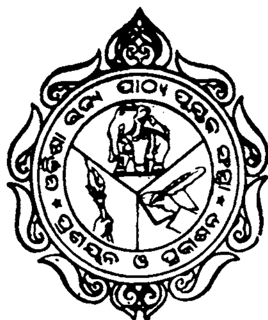
ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର

ଲେଖକ

ଶେଖ୍ ହଫିଜୁଦ୍ଦିନ, ଏମ୍. ଏସ୍‌ସି.

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ, ଅଧ୍ୟାପକ,

ବି. ଜେ. ବି. କଲେଜ, ଭୁବନେଶ୍ୱର



ପ୍ରକାଶକ

ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରକାଶନ ଓ ପ୍ରଣୟନ ସଂସ୍ଥା

ଭୁବନେଶ୍ୱର

NUCLEAR POWER

FOR DEGREE STUDENTS

Published by the Orissa State Bureau of Text Book preparation and production under the Centrally sponsored scheme of production of Books & literature in regional languages at university level, of the Government of India in the Ministry of education & social welfare (Department of culture) New Delhi.

Written by

Shaikh Hafizuddin, M. Sc.

Lecturer in physics, B. J. B. College, Bhubaneswar.

First Edition—1974

by

ORISSA STATE BUREAU OF
TEXT BOOK PREPARATION
AND PRODUCTION
BHUBANESWAR,
ORISSA.

Publication No.

Price Rs. 7-50

ଉପୋଦ୍‌ଘାତ

ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ଶିକ୍ଷାର ମାତୃଭାଷା ମାଧ୍ୟମ ନୀତି ଗୃହୀତ ହେବା ଫଳରେ ଓଡ଼ିଶାର ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଓଡ଼ିଆ ଭାଷାରେ ଉଚ୍ଚ କୋଟୀର ପୁସ୍ତକମାନ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଛି । ଏ ଧରଣର ପୁସ୍ତକ ଯେତେ ଅଧିକ ପ୍ରକାଶ ପାଇବ, ଆମ ଭାଷା ପକ୍ଷରେ ତଥା ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କ ପକ୍ଷରେ ସେତେ ମଙ୍ଗଳ ହେବ । ପୃଥିବୀର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ଦେଶରେ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ମାତୃଭାଷାରେ ଜ୍ଞାନ ଆହରଣ କରି କାର୍ଯ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାହାର ବିନିଯୋଗ କରନ୍ତି । ଭାରତରେ ମଧ୍ୟ ଏ ଦିଗରେ ପ୍ରଚେଷ୍ଟା ଚାଲିଛି । ଓଡ଼ିଶାରେ ଭାରତ ସରକାରଙ୍କ ପକ୍ଷରୁ "ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା" ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ଏହି ସଂସ୍ଥା ଓଡ଼ିଆ ଭାଷାରେ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ପାଠ୍ୟ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ କରିବାର ଦାୟିତ୍ୱ ବହନ କରିଛି । ସୁଖର କଥା ଓଡ଼ିଶାର ବିଦ୍ୱାନ୍ ଅଧ୍ୟାପକ ବୃନ୍ଦ ଏ ସଂସ୍ଥାକୁ ସହଯୋଗ ପ୍ରଦାନ କରି ଆସୁଛନ୍ତି । ପ୍ରସ୍ତୁତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଓ୍ୱାର ପୁସ୍ତକଟି ଉତ୍କଳ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ, ବ୍ରହ୍ମପୁର ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ଏବଂ ସମ୍ବଲପୁର ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟର ବି. ଏସ୍‌ସି. ଛାତ୍ରମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ବକ୍‌ସି ଜଗବନ୍ଧୁ ବିଦ୍ୟାଧର ମହାବିଦ୍ୟାଳୟର ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ଅଧ୍ୟାପକ ଶେଖ ହଫିଜୁଦ୍ଦିନ ଏହି ପୁସ୍ତକଟି ଲେଖିଥିବାରୁ ଏବଂ ଉତ୍କଳ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ସ୍ନାତକୋତ୍ତର ପଦାର୍ଥବିଜ୍ଞାନ ବିଭାଗ ଅଧ୍ୟାପକ ଶ୍ରୀ ନାରାୟଣ ଚନ୍ଦ୍ର ଦାସ ଏହାର ସମୀକ୍ଷା କରିଥିବାରୁ ମୁଁ ସଂସ୍ଥା ତରଫରୁ ଉଭୟଙ୍କୁ ଧନ୍ୟବାଦ ଜ୍ଞାପନ କରୁଛି ।

ଏହି ପୁସ୍ତକଟି ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀ ତଥା ଅଧ୍ୟାପକ ସମାଜରେ ଆଦୃତ ହେବ ବୋଲି ଆମର ଆଶା ।

ଭୁବନେଶ୍ୱର
ତା ୨୬।୧।୭୪



ଶ୍ରୀନିବାସ ସାହୁ
ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ
ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ
ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା

LIST OF REFERENCES

1. Nuclear Power Today and Tomorrow
Kenneth Jay.

2. Theoritical Nuclear physics
Blatt & Weisskoff.

3. The Science and Engineering of Nuclear Power
Vol. I and Vol. II
Clark Goodman

4. Basic Principles of Nuclear Science and Reactors
A. M. Jacob
D. E. Kline
F. J. Remick

5. Basic Nuclear Physics
B. N. Srivastava.

6. Nuclear Power
D. Voskoboinik

7. Source Book on Atomic Energy
S. Glasstone.

8. The Uses and Effects of Nuclear Energy
Edited by C. H. Dobinson.

9. Atomic Energy an Appraisal
Published by Pergumon Press

10. Atomic Energy and its Applications
J. M. A. Lenihan.

11. Atom and its Energy
A. Dasgupta.

12. Nuclear Explosions and their Effects
Publication Division, Govt. of India.

13. Scientific American, September 1971.

14. „ „ June 1972.

15. Science Reporter, May 1972.

16. Science Today, September 1969.

17. „ „ October 1971

18. Annual Report. Department of Atomic Energy Govt. of India 1972-73

19. Utilisation of a Research Reactor 10 years of 'APASARA'

20. Nuclear India—June/July 1972.

21. C. I. R, Nand uclear Fuel Complex, (Hyderabad) Pamphlets

and many other Published by Department of Atomic Energy, Govt. of India.

22. Mc Graw-Hill Encyclopaedia vol.-9.

ପୂର୍ବାଭାସ

୧୯୪୫ ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ ୬ ତାରିଖ । ପୃଥିବୀର ପ୍ରଥମ ପରମାଣୁ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରିତ ହୋଇଥିଲା ଐତିହାସିକ ହିରୋସିମା ସହର ଉପରେ । ବୋମାର ଧ୍ୱଂସଲୀଳା ସ୍ତମ୍ଭୀଭୂତ କରିଦେଇଥିଲା ପୃଥିବୀ ବାସୀଙ୍କୁ । ପରମାଣୁ ବୋମା ଦିନେ ନା ଦିନେ ମାନବ ସମାଜକୁ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବେ ଧ୍ୱଂସ କରିଦେବ ଏ ବିଷୟରେ ଧାରଣା କରିବାକୁ ଆଉ ବାକି ନ ଥିଲା । ସମସ୍ତଙ୍କ ମନରେ ସେହି ଏକମାତ୍ର ପ୍ରଶ୍ନ; ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିର ଆବିଷ୍କାର ଜନକଲ୍ୟାଣ ସାଧନ ପାଇଁ ନା ମାନବ ସମାଜକୁ ଧ୍ୱଂସ କରିବା ପାଇଁ ? ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିର ଶାନ୍ତିକାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ପାଇଁ ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ରାଷ୍ଟ୍ରଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରଥମ ସମ୍ମିଳନୀ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥିଲା ୧୯୫୫ ମସିହାରେ । ଜନକଲ୍ୟାଣ ସାଧନ ଦିଗରେ ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିକୁ କିପରି ଅଧିକରୁ ଅଧିକତର ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରିବ ସେ ବିଷୟରେ ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ରାଷ୍ଟ୍ରରେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଗବେଷଣା ଚାଲିଛି ।

ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିର ମୁଖ୍ୟ ଶାନ୍ତିକାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ ହେଲା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ । ଆଧୁନିକ ଯୁଗରେ ଯେଉଁ ଦେଶରେ ମୁଣ୍ଡପିଚ୍ଛା ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ଯେତେ ଅଧିକ ସେ ଦେଶ ସେତେ ପ୍ରଗତିଶୀଳ । ଜଳବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ଜଳ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ମୌସୁମିବାୟୁ ପ୍ରବାହରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦନ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ତାପଜ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ରରେ କୋଇଲା ବା ତୈଳକୁ ଉପଯୋଗ କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଭୂଗର୍ଭରେ ମହଜୁଦ ଥିବା କୋଇଲାର ପରିମାଣ ଭବିଷ୍ୟତର ଚାହିଦା ମେଣ୍ଟାଇବା ନିମିତ୍ତ ଯଥେଷ୍ଟ ନୁହେଁ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ କୋଇଲାର ଉତ୍ପାଦନ ବ୍ୟୟ ଦିନକୁ ଦିନ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଛି । କୋଇଲାଖଣିଠାରୁ ଯେଉଁ ସ୍ଥାନ ଯେତେ ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ, ସେଠାରେ କୋଇଲାର ମୂଲ୍ୟ ସେତେ ଅଧିକ । ତେଣୁ ଭବିଷ୍ୟତରେ କୋଇଲା ଉପରେ ପୂରାପୂରି ନିର୍ଭର କରାଯାଇ ନ ପାରେ । ତୈଳ ଉତ୍ପାଦନକାରୀ ରାଷ୍ଟ୍ରସମୂହ ତୈଳ ଉତ୍ପାଦନ ଉପରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଜାରି ରଖିଛନ୍ତି । ତୈଳକୁ ଆମଦାନୀ କରି କୌଣସି ଶିଳ୍ପ ଯଦି

ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରାଯାଏ, ତେବେ ଏହାର ଭବିଷ୍ୟତ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ନୁହେଁ । ଯୁଦ୍ଧ ସମୟରେ ତୈଳ ସଙ୍କଟ ଦେଖା ଦେଇଥାଏ ଏବଂ ତୈଳର ମୂଲ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଏ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ଭବ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପୁଞ୍ଜି ଲଗାଣ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ; କିନ୍ତୁ ପରିଚାଳନା ବ୍ୟୟ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ୍ ତଥା ତାପଜ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର ତୁଳନାରେ କମ୍ । ଏହି କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ବିଶେଷ କିଛି କଷ୍ଟକର ନ ଥାଏ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଜନନକ ରିଆକ୍ଟର (Fast Breeder Reactor)ରେ ଇନ୍ଧନ ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ପୁନର୍ବାର ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଫଳସ୍ୱରୂପ ଇନ୍ଧନ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ ଭବିଷ୍ୟତରେ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ତାପଜ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ରମାନଙ୍କର ସ୍ଥାନ ଏହି ଆକର୍ଷଣୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର୍ କେନ୍ଦ୍ର ପୂରଣ କରିବାର ସମ୍ଭାବନା ଅଧିକ । ବିଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତିର ସମୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଜେନେରେଟର ହିଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ପାଇଁ ଦାୟୀ । ବିପୁଳ ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଟରବାଇନ୍ ଅବିରତଭାବେ ଘୂରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ରମାନଙ୍କରେ ଜଳବଳ ଦ୍ୱାରା ଟରବାଇନ୍ ଚାଲେ । ତାପଜ ବିଦ୍ୟୁତ କେନ୍ଦ୍ରରେ କୋଇଲା ବା ତୈଳ ଜଳିବା ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ତାପ ମିଳେ ତାହାକୁ ଉପଯୋଗ କରି ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏହି ବାଷ୍ପ ଚାପ ଦ୍ୱାରା ଟରବାଇନ୍ ଚାଲେ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ତାପଜ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କେନ୍ଦ୍ର ସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ; କିନ୍ତୁ ଏଠାରେ ତାପଉତ୍ସ କୋଇଲା ବା ତୈଳ ନୁହେଁ, ରିଆକ୍ଟର ଅଟେ । ଏହି ରିଆକ୍ଟରରେ ବିଭାଜନ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରି ଚାଲୁ ରଖାଯାଇଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଜ୍ଞାନ ଏକ ଅତି ଉନ୍ନତ ବିଷୟ । ଏହି କ୍ଷୁଦ୍ର ପୁସ୍ତକର କଳେବରକୁ ଦୃଷ୍ଟି ସମ୍ମୁଖରେ ରଖି ବିଷୟଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଛି । ପୁସ୍ତକର ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ବସ୍ତୁକୁ ଶକ୍ତିର ଏକ ଜମାଟ ଅବସ୍ଥା ବୋଲି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଛି ଏବଂ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆଇନଷ୍ଟାଇନଙ୍କ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଶକ୍ତିର ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ ନିୟମ $E = mc^2$ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି । ପରବର୍ତ୍ତୀ ଅଧ୍ୟାୟ-ଗୁଡ଼ିକରେ ବସ୍ତୁରୁ ଶକ୍ତି କିପରି ମୁକ୍ତ ହୋଇପାରିବ ସେ ବିଷୟରେ ଧାରଣା ଦିଆଯାଇଛି । ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିର କେତେକ ଯୁଦ୍ଧକାଳୀନ ଏବଂ ଶାନ୍ତିକାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ ମଧ୍ୟ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି । 'ଭାରତ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର୍' ଏହି ଅଧ୍ୟାୟରେ ଭାରତରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାରର ଅଗ୍ରଗତି ବିଷୟ ସୂଚିତ ହୋଇଛି । ଏହି ଅଧ୍ୟାୟ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବା ସମୟରେ "ଭାବା ଆଣବିକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର, ଟ୍ରମ୍ବେ, ବମ୍ବେ—୮୫" ଆବଶ୍ୟକୀୟ ମୂଲ୍ୟବାନ ତଥ୍ୟ ଯୋଗାଇ ଦେଇଥିବାରୁ ମୁଁ ସେଠାକାର କର୍ମକର୍ତ୍ତାଙ୍କ ନିକଟରେ ଋଣୀ ।

ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥାଙ୍କ ଆନୁକୂଲ୍ୟରେ ଏହି ପୁସ୍ତକଟି ପ୍ରକାଶିତ ହୋଇଥିବାରୁ ମୁଁ ତାର ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ତଥା କର୍ମକର୍ତ୍ତାଙ୍କ ନିକଟରେ କୃତଜ୍ଞ ।

ପୁସ୍ତକଟିରେ ବାକ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ଯଥାସମ୍ଭବ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ତଥା ସରଳ କରାଯାଇଛି । ବୈଜ୍ଞାନିକପରିଭାଷା ଯେତେଦୂର ସମ୍ଭବ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଛି । ଓଡ଼ିଆ ଭାଷାରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଶବ୍ଦଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରତିଶବ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି କରିବା ସହଜ ନୁହେଁ । କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଶବ୍ଦଗୁଡ଼ିକ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରଖାଯାଇଛି । ଓଡ଼ିଆର ପ୍ରତିଶବ୍ଦ ସହ ଇଂରାଜୀ ମୂଳଶବ୍ଦ ମଧ୍ୟ ଦିଆଯାଇଛି ।

ପୁସ୍ତକଟି ଡିଗ୍ରୀସ୍ତରୀୟ ଛାତ୍ରମାନଙ୍କ ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ସେମାନଙ୍କଦ୍ୱାରା ପୁସ୍ତକଟି ଆଦୃତ ହେଲେ ମୋର ଶ୍ରମ ସାର୍ଥକ ହେଲା ବୋଲି ମନେ କରିବି ।

ଜାନୁୟାରୀ ୨୬, ୧୯୭୪
ଭୁବନେଶ୍ୱର

ଲେଖକ

ସୂଚୀପତ୍ର (Contents)

ପ୍ରଥମ ଅଧ୍ୟାୟ—1-37

ପଦାର୍ଥ ଓ ଶକ୍ତିର ନୂତନ ଧାରଣା—ବସ୍ତୁର ସଂରଚନା—ତେଜସ୍କ୍ରିୟତାର ନିୟମାବଳୀ—ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କ୍ଷୟ—ସକ୍ରିୟତାର ଏକକ—ବନ୍ଧନଶକ୍ତି—ନିଉକ୍ଲିୟସର ସ୍ଥାୟିତ୍ୱ—ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା—ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ଶକ୍ତି—ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା—ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା—ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭଜନ—ନିଉକ୍ଲିୟସ ବିଭଜନର କ୍ରିୟାବିଧି ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ କ୍ରାନ୍ତିକ ଶକ୍ତି—ବିଭଜନରୁ ନିଉଟ୍ରନ ଉତ୍ସର୍ଜନ—ବିଭକ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମ—ବିଭଜନରୁ ମୁକ୍ତ ଶକ୍ତି—ବିଭଜନୀୟ ଓ ଉର୍ବର ପଦାର୍ଥ—ବିଭଜନ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା—ଗୁଣନଗୁଣାଙ୍କ—

ଦ୍ୱିତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ—38-57

ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର—ରିଆକ୍ଟର ଶ୍ରେଣୀ ବିଭାଗ—ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଅଂଶ—ନିଉଟ୍ରନ ଗୁଣନଗୁଣାଙ୍କ—କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକାର କ୍ରାନ୍ତିକ ସମୀକରଣ—ରିଆକ୍ଟରର ଆକାର ଓ ଏହାର ବିଶେଷତ୍ୱ—କ୍ଷମତା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ—ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ—ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ—ପ୍ରଜନନ—ତାପସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ—ବିକିରଣ ରକ୍ଷଣ—

ତୃତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ—58-80

ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପଦାର୍ଥ—ଇନ୍ଧନ—ମନ୍ଦକ ପ୍ରତିଫଳକ—ପରିରକ୍ଷକ ପଦାର୍ଥ—ତାପସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ଶୀତଳକ—ସଂରଚନାତ୍ମକ ପଦାର୍ଥ—ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ଉତ୍ପାଦନ—ୟୁରାନିୟମ ଖନନ—ୟୁରାନିୟମ ସମୃଦ୍ଧି—ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ଉତ୍ପାଦନ—ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ—239ର ଉତ୍ପାଦନ ୟୁରାନିୟମ—233ର ଉତ୍ପାଦନ—ଥୋରିୟମ ଉତ୍ପାଦନ—ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟମାପୀ ଉପକରଣ—

ଚତୁର୍ଥ ଅଧ୍ୟାୟ — 81-117

ପାୱାର ରିଆକ୍ଟର — ଉପଯୁକ୍ତଜଳ ରିଆକ୍ଟର — ତରଳଧାତୁ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର — ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ ଭାରୀଜଳ ରିଆକ୍ଟର — ଫୁଟନ୍ତା ଜଳ ରିଆକ୍ଟର (ତାରାପୁର ଆଣବିକ ପାୱାର ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ ରିଆକ୍ଟର) — ଗ୍ୟାସ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର — ଜୈବ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର — ବ୍ରିଡର୍ ରିଆକ୍ଟର — ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଓ ତାର ଉପଯୋଗ — ବୁଡ଼ାଜାହାଜ ଚଳାଚଳ ନିମିତ୍ତ — ସ୍ଥଳ ପଥରେ ଗମନାଗମନ ନିମିତ୍ତ — ରକେଟ ଚାଳନା ବ୍ୟୋମଯାନ ନିମିତ୍ତ — ନିଉକ୍ଲିୟାର ରାମଜେଟ — ନିଉକ୍ଲିୟାର ଟରବୋ ଜେଟ — ଜଳକୁ ଲବଣମୁକ୍ତ କରିବା ନିମିତ୍ତ — ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅପରକାଶ୍ମ ପଦାର୍ଥର ରକ୍ଷଣାବେକ୍ଷଣ ।

ପଞ୍ଚମ ଅଧ୍ୟାୟ — 118 – 152

ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର — ପରମାଣୁ ବୋମା — ଇନ୍ଧନ, ଡିଜାଇନ — ନିଉକ୍ଲିୟାର ସଂଯୋଜନ ଓ ଉଦ୍ଜାନ ବୋମା — ଉଦଜାନ ବୋମା ଡିଜାଇନ — ଲେଜର ଟ୍ରିଗର ଉଦଜାନ ବୋମା -- ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ସଂଯୋଜନ ପଦ୍ଧତି -- ଲେଜରଦ୍ୱାରା ନିଉକ୍ଲିୟାର ସଂଯୋଜନ ଲେଜର ପରିଚାଳିତ ସଂଯୋଜନ ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ -- ଉଦଜାନ ବୋମାଠାରୁ ବଳଶାଳୀ ବୋମା -- ତ୍ରିପ୍ରକ୍ରିୟା ବୋମା -- କୋବାଲ୍ଟ ବୋମା -- ହିରୋସିମା — ନାଗାସାକି ସହର ଓ ପରମାଣୁ ବୋମା -- ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣର ପ୍ରଭାବ -- ପରମାଣୁ ଯୁଦ୍ଧ ।

ଷଷ୍ଠ ଅଧ୍ୟାୟ--153-179

ପରମାଣୁ ଶକ୍ତିର ଶାନ୍ତିକାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ — ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଓ ଏହାର ଉପଯୋଗ । ଶିଳ୍ପ କ୍ଷେତ୍ରରେ — ପ୍ରାକୃତିକ ତୈଳ ସନ୍ଧାନ ନିମିତ୍ତ-ତୈଳ ନଳରେ ପ୍ରବାହ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ--ତୈଳଶିଳ୍ପରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ପ୍ରୟୋଗ--ଲୌହ ଶିଳ୍ପରେ ପ୍ରୟୋଗ ତ୍ରୁଟି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ--ମୋଟେଇ ମାପ--ଚୁଲ୍ଲୀ କାନ୍ଥର କ୍ଷୟ ନିରୂପଣ--ଘର୍ଷଣ ଅନୁଧ୍ୟାନ-ତରଳପଦାର୍ଥର ସ୍ତର ସୂଚକ-ଯନ୍ତ୍ରନିର୍ମାଣ (ମୃତ୍ତିକାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ ଆର୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ)--ଭୂଗର୍ଭରେ ଛିଦ୍ରନିର୍ଣ୍ଣୟ--ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକର ସନ୍ଧିସ୍ଥଣ—

କୃଷି: — ରାସାୟନିକ ସାର ବ୍ୟବହାର--ଫସଫରସ--32,--ଅଙ୍ଗାର ଆତ୍ମୀକରଣ
ଆଇସୋଟୋପର ବ୍ୟବହାର — ବନବିଜ୍ଞାନ — ଆଇସୋଟୋପ ଓ ନଦୀବନ୍ଧ

ଯୋଜନା--C-14 ଆଇସୋଟୋପ--ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥ ଗୁଡ଼ିକର ଜୀବାଣୁ ନାଶନ-କୀଟ ନାଶନ ଓ ଆଇସୋଟୋପ--ଜୀବ ବିଜ୍ଞାନ--

ଚିକିତ୍ସାବିଜ୍ଞାନ—Na 24 (ରକ୍ତ ସଞ୍ଚାଳନ ପରୀକ୍ଷା)—ରକ୍ତ ନଳୀର ସଂକୀର୍ଣ୍ଣନ, I-131ର ବ୍ୟବହାର--ମସ୍ତିଷ୍କ ଅର୍ବୁଦର ସ୍ଥାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ--ଥାଇରଏଡ଼ ଗ୍ରନ୍ଥିର ରୋଗ ନିଦାନ ଓ ତାର ଚିକିତ୍ସା-ଶରୀର ରକ୍ତର ଆୟତନ ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ—

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ—ଉଚ୍ଚ ଭୋଲଟେଜ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ—ନିମ୍ନ ଭୋଲଟେଜ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ—ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ ଶ୍ରେଣୀସ୍ଥ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ—ଗ୍ୟାସ ଆୟନୀକରଣ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ—ପ୍ରସ୍ଫୁରକ ଆଲୋକକୋଷ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ ।

ସପ୍ତମ ଅଧ୍ୟାୟ—180—241

ଭାରତ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର—ପୃଥିବୀର ଅନ୍ୟ ଦେଶ ତୁଳନାରେ ଭାରତର ସ୍ଥାନ—ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଓ ଭାରତର ପଡ଼ୋଶୀରାଜ୍ୟମାନଙ୍କର ପ୍ରଗତି—ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ ଉତ୍ପାଦନରେ ପ୍ରତିଯୋଗିତା—ଭାରତରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାରର ଆବଶ୍ୟକତା କାହିଁକି ?—ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଉନ୍ନୟନ ନିମନ୍ତେ ପରିକଳ୍ପନା ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ--ତାରାପୁର, ରାଜସ୍ଥାନ, ମାଡ୍ରାସ, ନାରୋରା--ଗବେଷଣା ପାଇଁ ରିଆକ୍ଟର--(APASARA CIRUS; ZERLINA, PURNIMA) ଭାରତର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ସଂସ୍ଥା—ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ସଂସ୍ଥା, ହାଇଦ୍ରାବାଦ—ଆଣବିକ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ ଓ ଇନ୍ଧନ ସମ୍ପଦ—ଭାରତରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାରର ଭବିଷ୍ୟତ—ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର କମ୍ପ୍ଲେକ୍ସ କୃଷି ଭିତ୍ତିକ ଶିଳ୍ପ ସମୂହ (କୁଚ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଓ ସିନ୍ଧବ ଗାଙ୍ଗେୟ ଅଞ୍ଚଳ), ଶାନ୍ତି ପାଇଁ ବୋମା ଫଟାଣ—

ପରିଶିଷ୍ଟ—I ମୌଳିକ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ତାଲିକା

ପରିଶିଷ୍ଟ—II ଶକ୍ତି ଏକକର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସାରଣୀ

ପରିଶିଷ୍ଟ—III ପୃଥିବୀର କେତେକ ପାୱାର ରିଆକ୍ଟର

———

ଶୁଦ୍ଧିପତ୍ର

ପୃଷ୍ଠା	ଧାଡ଼ି	ଅଛି	ହେବ
୧	ତଳୁ ଦ୍ୱିତୀୟ	ବସ୍ତୁତ୍ୱ	ଓଜନ
୩୬	ଉପରୁ ପ୍ରଥମ	ନିଉଧନ	ନିଉଟ୍ରନ
୩୭	ଉପରୁ ୧୨	ଗ୍ରାବ୍ଧୀରଓ	ଗ୍ରାବ୍ ଓ ଧୀର
୩୯	ଉପରୁ ୧୩	Pn^{239}	Pu^{239}
୪୫	ଉପରୁ ୮	ଜାଗରଣ	ଜାରଣ
୬୭	ଉପରୁ ୧୫	ଗୃଣଗୋଟି	ପାଞ୍ଚଗୋଟି
୯୬	ତଳୁ ୨	ପ୍ରଜନନ	ପ୍ରଜନକ
୯୭	ଉପରୁ ୧୪, ୧୫		C.R. କିମ୍ବା B.R. =

$$\frac{\text{ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିବା ବିଭଜନୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟସଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା}}{\text{ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିବା ବିଭଜନୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟସଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା}}$$

ପୃଷ୍ଠା	ଧାଡ଼ି	ଅଛି	ହେବ
୯୮	ତଳୁ ୫	n-238	u-238
୯୯	ଉପରୁ ୯		$B.R = \frac{\nu - 1 - \alpha - A - L + F(\nu' - 1)}{1 + \alpha}$
୧୪୬	ଉପରୁ ୩	ଗଳିଗୁଡ଼ିକ ଏକ	ଗଳିଗୁଡ଼ିକ
୧୪୭	ଉପରୁ ୮	ଏହାଦ୍ୱାରା	ଏହାଛଡ଼ା
୧୪୯	ତଳୁ ୫	42	U2
୧୫୦	ତଳୁ ୧୦		Polaris Missiles
୧୫୦	ତଳୁ ୩		Continental Ballistic Missile
୧୫୫	ଶେଷ	ଅବାଛିତ	ଅବାଞ୍ଛିତ
୧୫୭	ତଳୁ ୧୨	କାମ	କମ୍
୧୫୮	ଉପରୁ ୩		Co^{60}
୧୬୫	ତଳୁ ୧୩	ଯର	ଯଦ
୧୯୭	ଉପରୁ ୮	Meymaid	Mermaid
୨୦୮	ଉପରୁ ୧୧	ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ	ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ
୨୧୧	ତଳୁ ୧୧	ଜରଲିନ	ଜରଲିନା
୨୧୫	ତଳୁ ୨	ପ୍ରଜଜନ ପ୍ରକୃତରେ	ପ୍ରଜନନ ପ୍ରକୃତରେ
୨୨୭	ଉପରୁ ୭	Full	Fuel

ପଦାର୍ଥ ଓ ଶକ୍ତିର ନୂତନ ଧାରଣା
(A new concept of matter and energy)

ଆପେକ୍ଷିକ ତତ୍ତ୍ୱର ଆବିର୍ଭାବ ପୂର୍ବରୁ ମୁଖ୍ୟତଃ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ଦୁଇଗୋଟି ନିୟମ ବଳବତ୍ତର ଥିଲା । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା ଶକ୍ତିର ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଏବଂ ଉଭୟ ପରସ୍ପରଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ । ଏହି ଶତାବ୍ଦୀର ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆଇନଷ୍ଟାଇନ ମତ ଦେଲେ ଯେ "ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଉଛି ସ୍ଥୈତିକ ଶକ୍ତି ଏବଂ ଶକ୍ତିର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଛି (Mass is potential energy and energy has mass)" । କୌଣସି ବସ୍ତୁରେ ତାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଶକ୍ତିର ସମଷ୍ଟି ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଶକ୍ତି ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇପାରିବେ ।

ଆଇନଷ୍ଟାଇନଙ୍କ ନିୟମ $E=mc^2$ ରେ E, ଶକ୍ତି, M ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ c ଆଲୋକର ପରିବେଗ ଅଟେ । ଯଦି ବସ୍ତୁ ଓ ଶକ୍ତି ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଅନ୍ତି ତେବେ କାହାରି ପରିମାଣ ସମାନ ରହେ ନାହିଁ । ରୂପାନ୍ତରିତ ହେବା ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିକର ଯାହା କ୍ଷୟ ଘଟେ ଅନ୍ୟଟିରେ ତତ୍ତୁଲ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ବସ୍ତୁର ଯାହା କ୍ଷୟ ହୁଏ ତାହା ଶକ୍ତିରେ ଆବିର୍ଭୂତ ହୁଏ ଏବଂ ଶକ୍ତିରେ ଯାହା କ୍ଷୟ ହୁଏ ତାହା ବସ୍ତୁରେ ବିକଶିତ ହୁଏ । ଏହାକୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ-ଶକ୍ତିର ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ କହନ୍ତି । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହାର ପରିବେଗ (Velocity) ସହ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଏବଂ ଯେତେବେଳେ ଏହାର ପରିବେଗ ଆଲୋକର ପରିବେଗ ସହ ସମାନ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅସୀମ ହୋଇଥାଏ ।

କିନ୍ତୁ ଏହାକୁ ଧାରଣା କରିବା କଠିନ । ଏହାକୁ ବୁଝିବା ପୂର୍ବରୁ 'ବସ୍ତୁତ୍ୱ' ଶବ୍ଦର ଅର୍ଥ ପରିଷ୍କାରଭାବେ ବୁଝିବା ଆବଶ୍ୟକ । ସାଧାରଣତଃ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓଜନଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ଥାଏ । ବସ୍ତୁ ଉପରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳର ପ୍ରଭାବ ବସ୍ତୁର ଓଜନକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରିଥାଏ । କୌଣସି ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପୃଥିବୀ ଅପେକ୍ଷା ଚନ୍ଦ୍ର ପୃଷ୍ଠରେ କମ୍ । କାରଣ ଚନ୍ଦ୍ରର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ବଳ ପୃଥିବୀ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ।

ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକକ ହେଉଛି ଗ୍ରାମ୍ । ଏକ କିଲୋଗ୍ରାମ୍, ଗ୍ରାମ୍‌ର ଏକ ହଜାର ଗୁଣ । ସେହିପରି ଶକ୍ତି ମାପିବାର ଏକ ଏକକ ହେଉଛି କ୍ୟାଲୋରି । ଏକଗ୍ରାମ ଜଳର ଉଷ୍ଣତାକୁ ଏକଡ଼ିଗ୍ରି ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ବଢ଼ାଇବା ପାଇଁ ଯେଉଁ ଉତ୍ତାପ ଦରକାର ହୁଏ, ତାହା ହେଉଛି ଏକ କ୍ୟାଲୋରି । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ଓ୍ୱାଟ୍‌ରେ ମପାଯାଇଥାଏ । ଏହା ଏକ କ୍ୟାଲୋରିର 0·25 ଭାଗ । ଏକ କିଲୋଓ୍ୱାଟ ଓ୍ୱାଟ୍‌ର ଏକ ହଜାର ଗୁଣ ।

ଶକ୍ତିର ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଏକକ ହେଉଛି "ଅର୍ଗ୍" (Erg) (ଗୋଟିଏ ମଶାକୁ ତଳୁ ପ୍ରାୟ ଅଧଇଞ୍ଚ ଉପରକୁ ଉଠାଇବାକୁ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ତାହା ଏକ ଅର୍ଗ୍) ଏକ ଓ୍ୱାଟ୍ 10,000,000 ଅର୍ଗ୍ ସହ ସମାନ । ତେଣୁ ଏକ କ୍ୟାଲୋରି 40,000,000 ଅର୍ଗ୍ ସହ ସମାନ ।

ପରମାଣୁ କଣିକାର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଭୋଲ୍‌ଟ୍‌ରେ ମଧ୍ୟ ମପାଯାଇ ପାରେ । ଏକକ ଭୋଲଟ୍ ବିଶିଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହେଲେ ଯାହା ଶକ୍ତି ଆହରଣ କରେ ତାହାହିଁ ହେଉଛି ଏକ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଭୋଲଟ୍ । ଏକ ମିଲିୟନ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଭୋଲ୍‌ଟ୍ (Mev) I·6 ମାଇକ୍ରୋ ଅର୍ଗ୍ ସହ ସମାନ ଏବଂ ଏକ ମାଇକ୍ରୋ ଅର୍ଗ୍ ଏକ ଅର୍ଗ୍‌ର ଏକ ନିୟୁତ ଭାଗର ଏକ ଭାଗ ।

ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକକ ଶକ୍ତିର ଏକକ ଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ରୂପାନ୍ତର କିପରି ସଂଘଟିତ ହେଉଛି ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ସମୀକରଣ $E = mc^2$ ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ, ଏଠାରେ E, ଅର୍ଗ୍ ଏକକ ଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଇଥିବା ଶକ୍ତି ।

m, ଗ୍ରାମ ଏକକ ଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଇଥିବା ବସ୍ତୁତ୍ୱ
c, ପ୍ରତିସେକେଣ୍ଡରେ ସେଣ୍ଟିମିଟର
ଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଇଥିବା ଆଲୋକର
ପରିବେଗ ।

ସୂର୍ଯ୍ୟରେ ସଦାସର୍ବଦା ଉଦଜାନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ହିଲିୟମ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି $3{\cdot}78 \times 10^{23}$ ଅର୍ଗ୍ ତାପ ନିର୍ଗତ ହୁଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ସୂର୍ଯ୍ୟର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ 5,000,000 ଟନ କ୍ଷୟ ହୋଇଥାଏ । ସୌରଶକ୍ତିର ଯତ୍‌କିଞ୍ଚିତ ଅଂଶ ପୃଥିବୀରେ ପହଞ୍ଚିଥାଏ ତାହା ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା ପୃଥିବୀର ବସ୍ତୁତ୍ୱରେ ପ୍ରତ୍ୟହ 150 ଟନ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ଆଠ ହଜାର ନିୟୁତ ବର୍ଷ ହେଲା ସୂର୍ଯ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ପ୍ରକାର ପ୍ରକ୍ରିୟା ଚାଲିଛି ଏବଂ ବର୍ତ୍ତମାନ ସୁଦ୍ଧା

ସୂର୍ଯ୍ୟ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଉଦ୍‌ଜାନର 1/10 ଅଂଶ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରିନାହିଁ । ଏଥିରୁ ସୂର୍ଯ୍ୟର ବିଶାଳ ବିକିରଣ ଶକ୍ତିର ସମ୍ୟକ୍ ଧାରଣା କରିହେବ ।

ପ୍ରକୃତରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଆବିଷ୍କୃତ ହେବା ପରେ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଶାଳ ଶକ୍ତି ନିହିତ ଥିବା ଜଣା ପଡ଼ିଥିଲା । ରେଡ଼ିୟମ୍ ଗୋଟିଏ ସ୍ୱୟଂ ବିଘଟନ ଘଟାଉଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ । ଏହା ମଧ୍ୟରେ ବିଶାଳ ଶକ୍ତି ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ଅଛି । ଗଣନାରୁ ଜଣାପଡ଼ିଛି ଯେ ଏକଗ୍ରାମ୍ ରେଡ଼ିୟମ୍‌ର ସ୍ୱ-ବିଘଟନ ଘଟିଲେ ଏହା ହିଲିୟମରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା 140 ଗ୍ରାମ୍ କ୍ୟାଲୋରି ତାପ ପ୍ରତି ଘଣ୍ଟାରେ ଦେଇଥାଏ । ରେଡ଼ିୟମ୍‌ର ହାରାହାରି ଜୀବନକାଳ 24,440 ବର୍ଷ । ଏଥିରୁ ଜଣାପଡ଼େ ଯେ ଏକଗ୍ରାମ୍ ରେଡ଼ିୟମ୍ ଅନ୍ୟଏକ ମୌଳିକବସ୍ତୁକୁ ରୂପାନ୍ତରିତ ହେବାରେ 2,830,000,000 ଗ୍ରାମ୍ କ୍ୟାଲୋରି ତାପ ଦେଇଥାଏ । ଏକଗ୍ରାମ୍ କୋଇଲାର ଜାରଣ ଦ୍ୱାରା ମିଳୁଥିବା ତାପର ଏହା ତିନିଶହ ହଜାର ଗୁଣଠାରୁ ଅଧିକ ।

ଆଉ ଗୋଟିଏ ଉଦାହରଣ ନିଆଯାଉ । ଏକଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁ ରୂପାନ୍ତରିତ ହେଲେ 900,000,000,000,000,000,000 ଅର୍ଗ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏହା 25 ନିୟୁତ କିଲୋଓ୍ୱାଟ୍-ଆଓ୍ୱାର ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ସହ ସମାନ । ଏହି ଶକ୍ତିରେ 100 ଓ୍ୱାଟ୍‌ର 25 ନିୟୁତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବଲବ୍ 10 ଘଣ୍ଟା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳିପାରିବ ।

ତେଣୁ ବସ୍ତୁକୁ ଶକ୍ତିର ଏକ ଜମାଟ୍ ଅବସ୍ଥା ବୋଲି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇପାରେ । ଶକ୍ତିର ଏହି ଜମାଟ ଅବସ୍ଥାରୁ କିପରି ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇପାରିବ ତାହା ହେଉଛି ବର୍ତ୍ତମାନର ସମସ୍ୟା । ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଜ୍ଞାନର ଅଗ୍ରଗତି ଦ୍ୱାରା ବିଭିନ୍ନ ଉପାୟରେ ବସ୍ତୁରୁ ଶକ୍ତି କିପରି ନିର୍ଗତ ହୋଇପାରିବ ତାର ମଧ୍ୟ ଅଗ୍ରଗତି ହୋଇଛି । ବସ୍ତୁରୁ ଶକ୍ତିର ରୂପାନ୍ତର ହେଉଥିବା ବିଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତିଗୁଡ଼ିକ ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ ଆମେ ପ୍ରଥମେ ବସ୍ତୁର ଗଠନ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ବସ୍ତୁର ସଂରଚନା (Structure of matter)

ବସ୍ତୁ ସାଧାରଣତଃ ତିନୋଟି ଅବସ୍ଥାରେ ରହିପାରେ—କଠିନାବସ୍ଥା, ତରଳାବସ୍ଥା ଓ ଗ୍ୟାସୀୟାବସ୍ଥା । କିନ୍ତୁ ଏହି ବ୍ୟବଧାନ କେବଳ ବାହ୍ୟିକ, କାରଣ ପଦାର୍ଥ ଏକ ଅବସ୍ଥାରୁ ଅନ୍ୟ ଅବସ୍ଥାକୁ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇପାରେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ପଦାର୍ଥ ଗୋଟିଏ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ବା ଦୁଇ ବା ତତୋଽଧିକ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ସମ୍ମିଶ୍ରଣରେ ଗଠିତ । ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର କ୍ଷୁଦ୍ରତମ ଏକକକୁ ପରମାଣୁ କୁହାଯାଏ । ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ନାମାନୁସାରେ ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକ ନାମିତ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ସୁଦ୍ଧା 105 ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଛି ଏବଂ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ 92 ଗୋଟି ପ୍ରାକୃତିକ ଏବଂ ଅନ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ମାନବକୃତ । ସବୁଠାରୁ ହାଲୁକା ପରମାଣୁ ହେଲା ଉଦ୍‌ଜାନ ଓ ସବୁଠୁ ଭାରି ୟୁରାନିୟମ । କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ ବହୁତ ଭାରି ପରମାଣୁ ଅଛନ୍ତି । ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଟ୍ରାନ୍‌ସ-ୟୁରାନିୟମ ମୌଳିକବସ୍ତୁ କହନ୍ତି ।

ଉଦଜାନ ସବୁଠାରୁ ହାଲୁକା ପରମାଣୁ । କିନ୍ତୁ ଏହି ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକ ଯେ କେତେ ବଡ଼ ଏହି ଉଦାହରଣରୁ ସହଜରେ ଅନୁମେୟ । ସ୍ଥୂଳତଃ ଆମର ଆକାର ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ଆକାରର ପ୍ରାୟ 10ହଜାର ନିୟୁତ ଗୁଣ ଏବଂ ସୌରମଣ୍ଡଳ ଆମ ଆକାରର ପ୍ରାୟ 10ନିୟୁତ, ନିୟୁତ ଗୁଣ । ପରମାଣୁ ଆକାର ବିଷୟରେ ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାର ମଧ୍ୟ ଧାରଣା କରାଯାଇପାରେ । ଯଦି କେବଳ ଉଦ୍‌ଜାନ ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକ ଏକ ସରଳ ରେଖାରେ ସଜାଯାଆନ୍ତି ତେବେ ଏକ ଇଞ୍ଚ ଲମ୍ବ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଧାଡ଼ିରେ 250 ହଜାର ନିୟୁତ ପରମାଣୁ ରହିପାରିବେ ।

ପରମାଣୁର ଓଜନ ବିଷୟରେ ଜଣାଯାଉ । ଜଣେ ମନୁଷ୍ୟ ଗୋଟିଏ କାରବନ ପରମାଣୁ ଓଜନର 30, ହଜାର ନିୟୁତ ନିୟୁତ ନିୟୁତ ନିୟୁତ ଗୁଣ ଭାରି । ଅର୍ଥାତ 3ରେ 28ଟି ଶୂନ ଗୁଣ ଭାରି । ସେହିପରି ସୌରମଣ୍ଡଳ ମନୁଷ୍ୟଠାରୁ 30 ହଜାର ନିୟୁତ ନିୟୁତ ନିୟୁତ ନିୟୁତ ଗୁଣ ଭାରି ।

ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉକ୍ଲିୟସ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ କଣିକା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ଘୂରି ବୁଲନ୍ତି ଏବଂ ପରମାଣୁଟି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚାର୍ଜ ଶୂନ୍ୟ । ନିଉକ୍ଲିୟସଗୁଡ଼ିକର ଗଠନ ମଧ୍ୟ ବଡ଼ ଜଟିଳ । ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ପ୍ରାଥମିକ କଣିକା ଥାନ୍ତି । ସେମାନେ ହେଲେ ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନ । ଉଭୟଙ୍କୁ ନିଉକ୍ଲିୟନ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ପ୍ରାଥମିକ କଣିକାର ଲକ୍ଷଣ ଏହାର ବିରାମ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାର୍ଜରୁ ଜଣାଯାଇଥାଏ । ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନର ବିରାମ ବସ୍ତୁତ୍ୱ $m_0 = 9.1 \times 10^{28}$ ଗ୍ରାମ୍ ଏବଂ ଏହାର ଚାର୍ଜ -4.803×10^{-10} e. s. u. ପ୍ରୋଟନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ବସ୍ତୁତ୍ୱର 1840 ଗୁଣ ଭାରି । ଯଦି ନିଉକ୍ଲିୟସ ଆକାରକୁ ବଢ଼ାଇ ଗୋଟିଏ କ୍ରିକେଟ ବଲପରି କରାଯାଏ ତେବେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ଅଧମାଇଲ ଦୂରରେ ରହିବେ । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟର ଅଧିକାଂଶ ଭାଗ ଶୂନ୍ୟତାରେ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ।

ଅନ୍ୟ କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଆଟମିକ୍ ମାସ ୟୁନିଟ amu ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ସଂଜ୍ଞାନୁସାରେ 16ଟି ନିଉକ୍ଲିୟନ ଥିବା ଅମ୍ଳଜାନ ପରମାଣୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱର 1/16 ଅଂଶ ହେଉଛି amu. ତେଣୁ amu $= 1.66 \times 10^{-24}$ ଗ୍ରାମ ।

ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟ ସମାନ । $m_p \approx 1837 m_e \approx$ 1.00758 amu । ପ୍ରୋଟନ୍ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍ ପରମାଣୁର ନିଉକ୍ଲିୟସ ସହ ସମାନ ଏବଂ ଏହାର ଗୋଟିଏ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଥାଏ ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ଗୋଟିଏ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଥାଏ ।

ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟ 1.00893 amu. ଏହା ଏକ ଚାର୍ଜବିହୀନ କଣିକା । ନିଉଟ୍ରନକୁ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ସମ୍ମିଶ୍ରଣ କୁହାଯାଇପାରେ । ଯଦି ନିଉଟ୍ରନରୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବାଦ ଦିଆଯାଏ ତେବେ ଏହା ପ୍ରୋଟନ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ସେହିପରି ପ୍ରୋଟନ୍‌ରୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବାଦ୍ ଦେଲେ ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।

ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଅଧିକାଂଶ ସ୍ଥାନ ଶୂନ୍ୟତାରେ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ । ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ । ନିଉକ୍ଲିୟସର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $1.5 \times 10^{-13} \sqrt[3]{A}$ ସେ.ମି. । ଏଠାରେ A, ନିଉକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟନର ସଂଖ୍ୟା ବୁଝାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ u—238ରେ 238ଟି ନିଉକ୍ଲିୟନ ଥାଏ । ସେମାନଙ୍କର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଓ ଆୟତନ ଯଥାକ୍ରମେ $R = 1.5 \times \sqrt[3]{238} \times 10^{-13} = 0.93 \times 10^{-12}$ ସେ. ମି.

$V = 3.4 \times 10^{-36}$ (ସେ. ମି)^3

ନିଉକ୍ଲିୟନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପ୍ରାୟତଃ ଏକ amu ସହ ସମାନ $\approx 1.66 \times 10^{-24}$ ଗ୍ରାମ ।

ସୁତରାଂ ୟୁରାନିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= 238 \times 1.66 \times 10^{-24}$
$= 395 \times 10^{-24}$ ଗ୍ରାମ୍ ।

ଏହାକୁ ଆୟତନ ଦ୍ୱାରା ଭାଗ କଲେ, ନିଉକ୍ଲିୟସର ବସ୍ତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଜଣାପଡ଼େ ।

$$\therefore \text{ସାନ୍ଦ୍ରତା} = \frac{395 \times 10^{-24}}{3.4 \times 10^{-36}} = 1.16 \times 10^{14} \text{ ଗ୍ରାମ (ସେ.ମି.)}^3$$

ଅନ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ ଗୁଡ଼ିକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ମଧ୍ୟ ଅନୁରୂପ । ଯଦି ଏକ ଘନ ସେ.ମି. ସ୍ଥାନକୁ ପରମାଣୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଏ ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ସମୁଦାୟ ଓଜନ 116, 000,000ଟନ୍ ହେବ । ପ୍ରାକୃତିକ ବସ୍ତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏହାଠାରୁ ହଜାର ନିୟୁତ ଗୁଣ କମ୍ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସୁଦ୍ଧା ଜଣାଥିବା ସବୁଠୁ ଭାରୀ ପଦାର୍ଥ ଅସମିୟମ୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତା 24·5 ଗ୍ରାମ/ସେ.ମି.^{3} ସାଧାରଣ ପ୍ରାକୃତିକ ବସ୍ତୁ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟସର ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଯଥେଷ୍ଟ ତାରତମ୍ୟ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ, କାରଣ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପରମାଣୁର ଖୁବ କମ୍ ସ୍ଥାନ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ ।

ନଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଗୁଣ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି ସଂଖ୍ୟାକୁ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ (Atomic Number) କହନ୍ତି ଏବଂ ଇଂରାଜୀ ଶବ୍ଦ z ଦ୍ୱାରା ଏହା ସୂଚିତ ହୁଏ । ପିରିୟଡ଼ିକ୍ ଟେବୁଲରେ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ସାଧାରଣ ସଂଖ୍ୟା ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କର ଅନୁରୂପ । ସୁତରାଂ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ z ଉଦ୍‌ଜାନ ପାଇଁ 1, ହିଲିୟମ୍ ପାଇଁ 2, ଲିଥିୟମ ପାଇଁ 3, ବେରିଲିୟମ୍ ପାଇଁ 4, ବୋରନ ପାଇଁ 5, କାରବନ ପାଇଁ 6 ଏବଂ ୟୁରାନିୟମ ପାଇଁ 92 ଅଟେ । ଉଚ୍ଚତର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ($z=93$ ରୁ 105) କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଛି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 94 ଏବଂ ଏହାର ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ନଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଶିଳ୍ପରେ ଯଥେଷ୍ଟ । ପରମାଣୁ ନଉକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଓ ନିଉଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟାର ସମଷ୍ଟିକୁ ହିଁ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା (Mass number) କହନ୍ତି ଏବଂ ଏହା ଇଂରାଜୀ ଶବ୍ଦ A ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ନଉକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ନିଉଟ୍ରନ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ସାଧାରଣତଃ N ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ । ଅତଏବ $N=A-z$ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଲେଖାଗୁଡ଼ିକରେ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ପୂର୍ବରେ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ଏବଂ ପରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଲେଖାଯାଏ ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ।

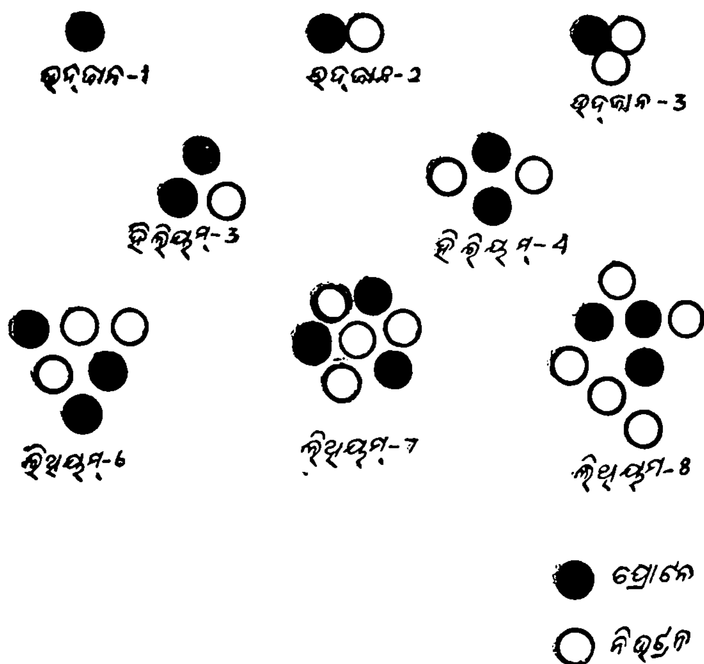
ଉଦ୍‌ଜାନ $_1H^1$

ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ $_1H^2$

ୟୁରାନିୟମ $_{92}U^{238}$

ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ରାସାୟନିକ ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକ ଏହାର ନଉକ୍ଲିୟସ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱ କକ୍ଷ ପଥରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣାୟମାନ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ନଉକ୍ଲିୟସମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ସହ ସମାନ । ଅଛି କେତେଗୁଡ଼ିଏ ପରମାଣୁ ଅଛନ୍ତି ଯେଉଁମାନଙ୍କର ନଉକ୍ଲିୟସରେ ସମସଂଖ୍ୟକ ପ୍ରୋଟନ ଥାନ୍ତି କିନ୍ତୁ ବିଭିନ୍ନ ସଂଖ୍ୟାର ନିଉଟ୍ରନ ଥାନ୍ତି । ଏହି ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକର ରାସାୟନିକ ଧର୍ମସବୁ ସମାନ, ଯେହେତୁ ଏମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ସମାନ । ଯେଉଁ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ପରମାଣୁକ୍ରମାଙ୍କ ସମାନ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଭିନ୍ନ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଆଇସୋଟୋପ (Isotope) କହନ୍ତି । ଆଇସୋଟୋପ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ସଙ୍କେତ (Symbol) ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ସଙ୍କେତର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱରେ ଲେଖାଯାଏ । ବେଳେ ବେଳେ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ସଂକେତର ଅଧୋଭାଗରେ ଲେଖାଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଉଦ୍‌ଜାନ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନକ୍ରମେ ବ୍ୟକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଖଣ୍ଡ

ଉଦ୍‌ଜାନ ବା ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ $_1H^2$; ଟ୍ରିଟିୟମ $_1H^3$ । ସେହିପରି ଲିଥିୟମ ଆଇସୋଟୋପ ଗୁଡ଼ିକ $_3Li^6$, $_3Li^7$ ଏବଂ $_3Li^8$ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । $_3Li^7$ର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ 7ଟି ନିଉକ୍ଲିୟନ୍‌ ଅଛି ଏବଂ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ 3ଟି ପ୍ରୋଟନ୍‌ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ 4ଟି ନିଉଟ୍ରନ୍‌ ।



(ଚିତ୍ର-1)

କେତେଗୁଡ଼ିଏ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଅଛନ୍ତି ଯେଉଁମାନଙ୍କର ଏକମାତ୍ର ଆଇସୋଟୋପ୍‌ ଥାଏ । ଯଥା F^{19} ଓ Na^{23} । ଅଧିକାଂଶ ମୌଳିକବସ୍ତୁର ଏକାଧିକ ଆଇସୋଟୋପ ଥାଏ ଉଦଜାନରେ $_1H^1$ ଶତକଡ଼ା 99·985 ଭାଗଥାଏ ଏବଂ ଭାରୀ ଉଦଜାନ $_1H^2$ ଶତକଡ଼ା 0·015 ଭାଗଥାଏ । ୟୁରାନିୟମ୍‌ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶିଳ୍ପର ଅତି ଆବଶ୍ୟକୀୟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ । ଏହାର ସାଧାରଣତଃ ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ୍‌ ଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଯଥାକ୍ରମେ ହେଲା 234, 235 ଓ 238 । ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମରେ କେଉଁ ଆଇସୋଟୋପ କେଉଁ ଅନୁପାତରେ ଥାଏ ତାହା ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ।

ସାରଣୀ-1

ଆଇସୋଟୋପ	ଶତକଡ଼ାଭାଗ
u^{234}	0·006
u^{235}	0·712
u^{238}	99·282

ଆଇସୋଟୋପ u^{238}ର ପରିମାଣ ସବାପେକ୍ଷା ଅଧିକ କିନ୍ତୁ u^{234}ର ପରିମାଣ ନଗଣ୍ୟ । u^{235} ଓ u^{238} ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ଶିଳ୍ପରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ଶିଳ୍ପରେ ଥୋରିୟମ୍ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 90 ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 232.

ତେଜସ୍କ୍ରିୟତାର ନିୟମାବଳୀ
(Principle of Radioactivity)

ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ର ସ୍ୱାଭାବିକ ବିଘଟନ (Spontaneous Disintgration) ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ନାମରେ ଅଭିହିତ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ତାପ, ଚାପ ବା ଅନ୍ୟ କୌଣସି ପ୍ରଭାବ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ସୀସା ଧାତୁ (Lead)ର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ 82 । ପିରିଅଡ଼ିକ୍ ଟେବୁଲରେ ସୀସା ଉପରକୁ ଯେତେଗୁଡ଼ିଏ ମୌଳିକବସ୍ତୁ ଅଛନ୍ତି ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଅନେକଙ୍କର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଧର୍ମଥାଏ ।

ଆଲଫା (α), ବିଟା (β), ଗାମା (γ) ଏହି ତିନି ପ୍ରକାର ରଶ୍ମି ମଧ୍ୟରୁ ଏକ ବା ଏକାଧିକ ରଶ୍ମି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ ।

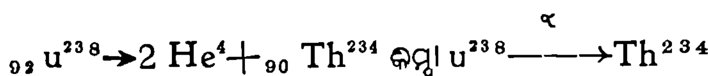
ଆଲଫା ରଶ୍ମି (α-ray) :—ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ଏହି ରଶ୍ମି ବିକ୍ଷେପିତ (Deflected) ହୋଇଥାଏ । ଏହି କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବିଶିଷ୍ଟ । ହିଲିୟମ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ଦୁଇଟି ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ଦୁଇଟି ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଅତି ନିବିଡ଼ଭାବେ ବାନ୍ଧି ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି α-କଣିକା ଗୋଟିଏ ହିଲିୟମ୍ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ମାତ୍ର । ଗ୍ୟାସର

ଆୟନୀକରଣ (Ionisation)ରେ ଏମାନେ ସାହାଯ୍ୟ କରନ୍ତି ଏବଂ ପଦାର୍ଥଦ୍ୱାରା ଅତି ସହଜରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ବିଟା ରଶ୍ମି (β ray) :— ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ବିକ୍ଷେପିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି β-କଣିକା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଗୁଣ ବହନ କରିଥାନ୍ତି । ଏଗୁଡ଼ିକୁ ଅତି ସରଳବେଗଯୁକ୍ତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ (High velocity electron) ମଧ୍ୟ କହନ୍ତି । ଏମାନଙ୍କ ପ୍ରବେଶ କ୍ଷମତା α-କଣିକା ଅପେକ୍ଷା 100 ଗୁଣ ଅଧିକ ।

ଗାମା ରଶ୍ମି (γ-ray) :— ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୋଇ ନ ଥାନ୍ତି । ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମ ରଞ୍ଜନ ରଶ୍ମି ଧର୍ମ ସହିତ ତୁଳନୀୟ । କିନ୍ତୁ ଏମାନଙ୍କର ପ୍ରବେଶ କ୍ଷମତା ରଞ୍ଜନ ରଶ୍ମି ଅପେକ୍ଷା ଢ଼େର ଗୁଣରେ ଅଧିକ । ଉତ୍ସର୍ଜିତ କଣିକା ଅନୁସାରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପ୍ରକ୍ରିୟା ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ହୋଇଥାଏ ।

ଆଲଫା ବିଘଟନ α-Disintegration :— ଏହି ବିଧିରେ ନିଉକ୍ଲିୟସରୁ ଗୋଟିଏ α-କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି α-ଉତ୍ସର୍ଜନଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ନୂତନ ପରମାଣୁ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଓ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ, ମୂଳ ପରମାଣୁଠାରୁ ଯଥାକ୍ରମେ 4-ଏକକ ଓ 2 ଏକକ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ $_{92}u^{238}$ ରୁ α ବିଘଟନ ଦ୍ୱାରା $_{90}Th^{234}$ ପ୍ରାପ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ନିମ୍ନ ସୂତ୍ରାନୁସାରେ ଏହା ହୋଇଥାଏ ।



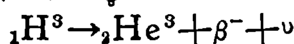
$$_{92}u^{238} \rightarrow 2\,He^4 + _{90}Th^{234} \text{ କିମ୍ବା } u^{238} \xrightarrow{\alpha} Th^{234}$$

ବିଟା ବିଘଟନ (β-disintegration) :—ନିଉକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟରେ ନିଉଟ୍ରନ ଅଧିକ ହେଲେ β-ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍, ପ୍ରୋଟନ୍‌ରେ ପରିଣତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଏହା ହୋଇଥାଏ । β-ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେଲେ ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କରେ ଏକ ଏକକ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ସମାନ ରହେ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ଶକ୍ତି,କୋଣୀୟ ସଂବେଗ (Angular momentum) ପ୍ରଭୃତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିମିତ୍ତ ଆଉ ଏକ କଳ୍ପିତ କଣିକା ନିଉଟ୍ରିନୋ (Neutrino-ν) ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନିଉଟ୍ରିନୋ Fermi Dirac ପରିସଂଖ୍ୟାନ ଦ୍ୱାରା ପରିଚାଳିତ । ଏହାର ବିରାମ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଗୁଣ ଶୂନ୍ୟ ଅଟେ ।



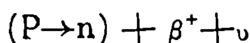
$$n \rightarrow P + \beta^- + \nu$$

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉଦଜାନ ଆଇସୋଟୋପ୍ H^3 (Tritium) ଗୋଟିଏ β^- କଣିକା ହରାଇ ହିଲିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।



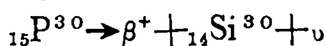
$$_1H^3 \rightarrow _2He^3 + \beta^- + \nu$$

β^+, **ବିଘଟନ** (β^+, disintigration) .—ନଉକ୍ଲୃୟସ୍‌ରେ ପ୍ରୋଟନ୍ ଅଧିକ ହେଲେ ବା ନଉଟ୍ରନ୍‌ର ଅଭାବ ଘଟିଲେ ପଜିଟନ ବା β^+ ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୁଏ । ନଉକ୍ଲୃୟସ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରୋଟନ, ନଉଟ୍ରନ୍‌ରେ ପରିଣତ ହେଲେ ଏହା ହୋଇଥାଏ । β^+ ଉତ୍ସର୍ଜନ ଦ୍ୱାରା ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ଏକ ଏକକ କମିଯାଏ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ସମାନ ରହେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ନଉଟ୍ରିନୋର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାଏ ।



$$(P \rightarrow n) + \beta^+ + \nu$$

ଫସଫରସ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ $_{15}P^{30}$, β^+ ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି ସିଲିକନ୍‌ଆଇସୋଟୋପ୍ $_{14}Si^{30}$ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।



$$_{15}P^{30} \rightarrow \beta^+ + {}_{14}Si^{30} + \nu$$

ସମାବୟବୀ ସଂକ୍ରମଣ (Isomeric transition) :—ଏଥିରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିମ୍ନକ୍ରମେ ହୋଇଥାଏ । ଯେତେବେଳେ ନଉକ୍ଲୃୟସ ମିତସ୍ଥାୟୀ (Metastable) ଉତ୍ତେଜିତ ଅବସ୍ଥାରୁ ଗାମା ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି ବା ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ରୂପାନ୍ତର ଦ୍ୱାରା ମୂଳ ଅବସ୍ଥା (Ground state) କୁ ଫେରିଆସେ ସେତେବେଳେ ଏ ପ୍ରକାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦ୍ୱାରା ନଉକ୍ଲୃୟସ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ପ୍ରୋଟନ୍ ବା ନଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାରେ କିଛି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କର ପୁନର୍ବିନ୍ୟାସ ହୋଇଥାଏ । ମୂଳ ଅବସ୍ଥା ଓ ଉତ୍ତେଜିତ ଅବସ୍ଥା ଗୋଟିଏ ନଉକ୍ଲୃୟସ୍‌ର ସମାବୟବ ଅଟନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସଂକ୍ରମଣକୁ ସମାବୟବୀ ସଂକ୍ରମଣ କହନ୍ତି । ଯଦି ଏଥିରେ Z ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ଅଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୂପାନ୍ତର γ- ଉତ୍ସର୍ଜନ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ସମ୍ଭାବ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, Co^{60} ଆଇସୋଟୋପର ବିଘଟନ ଦ୍ୱାରା Ni^{60} ଆଇସୋଟୋପ ମିଳେ ଏବଂ ଏହି Ni^{60} ଶୀଘ୍ର γ-ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ ।

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କ୍ଷୟ (Radioactive Decay)

$N = N_0 e^{-\lambda t}$ ଏଠାରେ N_0 ପ୍ରଥମରୁ ଉପସ୍ଥିତ ଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପରମାଣୁ-ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା

N, ସମୟ t ପରେ ଉପସ୍ଥିତ ଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପରମାଣୁମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା λ, ରୂପାନ୍ତର ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।

ଉପରୋକ୍ତ ନିୟମାନୁସାରେ କୌଣସି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବସ୍ତୁର ସକ୍ରିୟତା ସମୟାନୁକ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଏଥିରୁ ସହଜରେ ଅନୁମିତ ହୁଏ ଯେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ପ୍ରଥମେ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ହ୍ରାସ ପାଇ ପରେ ପରେ ଖୁବ୍ ଧୀରେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ (Half-life pericd)—ଯେଉଁ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ପରମାଣୁମାନଙ୍କର ଅର୍ଦ୍ଧେକ କ୍ଷୟ ହୋଇଥାଏ, ସେହି ସମୟକୁ ସେହି ବସ୍ତୁର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ $t_{1/2}$ କହନ୍ତି ।

ଯଦି $N/N_0 = {}^1/_2$ ହୁଏ ତେବେ $\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}}$

କିମ୍ବା $\lambda t_{1/2} = \log_e 2 = 0.693$

$$\therefore\ t_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$$

ବିଭିନ୍ନ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପମାନଙ୍କର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ସେକେଣ୍ଡର କିଛି ଅଂଶରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ହଜାର ନିୟୁତ ବର୍ଷ ହୋଇଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ମଧ୍ୟ ଆୟୁକାଳ (Mean lifetime of the nucleus, τ)

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଗଠନ ମୁହୂର୍ତ୍ତଠାରୁ ବିଘଟନ ମୁହୂର୍ତ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯେଉଁ ହାରାହାରି ସମୟ ଅତିବାହିତ ହୁଏ ତାକୁ ନିଉକ୍ଲିୟସର ମଧ୍ୟ ଆୟୁକାଳ କହନ୍ତି, $\tau = \frac{1}{\lambda}$

ସକ୍ରିୟତାର ଏକକ (Activity units)—କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥର ଗୋଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟାର ବିଘଟନ ଘଟେ, ତାକୁ ସକ୍ରିୟତା କହନ୍ତି । ସକ୍ରିୟତାର ସାଧାରଣ ଏକକ ହେଉଛି କ୍ୟୁରି । ବର୍ତ୍ତମାନର ସଜ୍ଞା ଅନୁସାରେ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 3.7×10^{10} କଣିକା ସୃଷ୍ଟି କରିପାରୁଥିବା ପଦାର୍ଥର ପରିମାଣକୁ ଏକ କ୍ୟୁରି କହନ୍ତି । ଏହି ଏକକ ବଡ଼ ହୋଇଥିବାରୁ ପ୍ରାୟୋଗିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମିଲିକ୍ୟୁରି ବା ମାଇକ୍ରୋକ୍ୟୁରି ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ବଡ଼ ବଡ଼ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସ ନିମିତ୍ତ କିଲୋକ୍ୟୁରି ଏକକର ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର ଦେଖାଯାଏ ।

ପ୍ରତିସେକେଣ୍ଡରେ 10^6 କଣିକା ସୃଷ୍ଟି କରୁଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥର ପରିମାଣକୁ ଏକ ରଦରଫୋର୍ଡ (Ruther ford) କହନ୍ତି ।

ଅତଏବ 1 କ୍ୟୁରି $= 3\cdot7 \times 10^{10}$, ପ୍ରତିସେକେଣ୍ଡରେ ବିଘଟିତ ହେଉଥିବା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା

1 ରଦରଫୋର୍ଡ $= 10^{6}$, ପ୍ରତିସେକେଣ୍ଡରେ ବିଘଟିତ ହେଉଥିବା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା

ଯଦି ଉପସ୍ଥିତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ଜଣାଥାଏ ତେବେ ଏହାକୁ କ୍ଷୟ ସ୍ଥିରାଙ୍କ λ ଦ୍ୱାରା ଗୁଣି ଏକକ୍ୟୁରି $3\cdot7 \times 10^{10}$ dis/sec ଦ୍ୱାରା ଭାଗକଲେ ସେହି ପଦାର୍ଥର ସକ୍ରିୟତା ଜଣାପଡ଼େ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପୋଲନିୟମ $_{84}Po^{210}$କଥା ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଉ । ଯଦି ଏହା α—କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରେ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 138 ଦିନ ବା $1\cdot2 \times 10^{7}$ ସେକେଣ୍ଡ ।

$$\text{କ୍ଷୟ ସ୍ଥିରାଙ୍କ,}\quad \lambda = \frac{0\cdot693}{t_{1/2}} = \frac{0\cdot693}{1\cdot2 \times 10^{7}} = 5\cdot8 \times 10^{-8}\ \text{sce}^{-1}$$

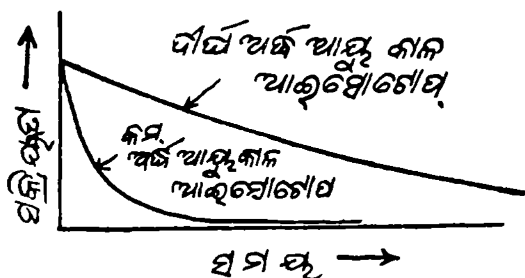
ଏକଗ୍ରାମ ଆଣବିକ ଓଜନ (one gram molecular weight) 210gmରେ Avogadro ସଂଖ୍ୟା $N_A = 6\cdot02 \times 10^{23}$ର ପରମାଣୁ ଥାଏ ।

$$\text{ଅତଏବ}\quad N = \left(\frac{10^{-3}}{210}\right) N_A = \frac{10^{-3} \times 6\cdot02 \times 10^{23}}{210}$$

$$= 2\cdot85 \times 10^{18}\ \text{ଆଟମସ ।}$$

$$\text{ସକ୍ରିୟତା}\ A = \frac{N\lambda}{3\cdot7 \times 10^{10}} = 4\cdot5\ \text{କ୍ୟୁରି}$$

ସକ୍ରିୟତା ଉପସ୍ଥିତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ତଥା କ୍ଷୟ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ଉଭୟଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ଖୁବ ଦୀର୍ଘ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ ବହୁଳ ପରିମାଣର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ ଏହାର ସକ୍ରିୟତା ନ୍ୟୂନ ହୋଇଥାଏ । ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷେ ଯଦି ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ଖୁବ କମ୍ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଅଳ୍ପ ପରିମାଣର ପଦାର୍ଥରେ ମଧ୍ୟ ସକ୍ରିୟତା ଖୁବ ତୀବ୍ର ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଥମର ଉଦାହରଣ ହେଲା $_{92}U^{238}$ ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ $4\cdot5 \times 10^{9}$ ବର୍ଷ । ଦ୍ୱିତୀୟଟି ହେଲା $_{13}AL^{28}$ ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ $2\cdot3$ ମିନିଟ୍ ।



ଚିତ୍ର-2

ପ୍ରକୃତିରେ ଦେଖାଯାଉଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନିଉକ୍ଲିୟସଗୁଡ଼ିକର ତିନୋଟି ଚେନଦ୍ୱାରା କ୍ଷୟ ସାଧିତ ହୋଇଥାଏ । ଚେନ୍ ଆରମ୍ଭ କରୁଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା U^{238}, U^{235}, Th^{232} ଏବଂ ଏମାନଙ୍କଠାରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ଅନ୍ତିମ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଯଥାକ୍ରମେ Pb^{206}, Pb^{207} ଓ Pb^{208} । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ପ୍ରକୃତିରେ ଆଉ କେତେକ ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଅଛନ୍ତି ଯେଉଁମାନେ ମଧ୍ୟ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଦେଖାଇଥାନ୍ତି ।

ସାରଣୀ-2

ପ୍ରକୃତିରେ ମିଳୁଥିବା ହାଲୁକା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ
(Light Radioactive Elements of Natural Occurence)—

z	ସଙ୍କେତ (Symbol)	A	ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ବର୍ଷ	ବିକିରଣ
19	K	40	$1{\cdot}4\times10^{9}$	β,γ
37	R_b	87	$5{\cdot}8\times10^{10}$	β,γ
62	S_m	152	$1{\cdot}25\times10^{11}$	α
71	L_u	176	$2{\cdot}4\times10^{10}$	β,γ
75	R_e	187	4×10^{12}	$\beta,$

ପୂର୍ବରୁ ଏହି ତିନୋଟି ନିୟମିତ ଚେନ୍ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟମାନଙ୍କର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ବୁଝାଇବା ଅସମ୍ଭବ ଥିଲା । କିନ୍ତୁ କୃତ୍ରିମ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଆବିଷ୍କୃତ ହେବା ପରେ ଏପରିକି ହାଲୁକା ମୌଳିକବସ୍ତୁମାନେ ମଧ୍ୟ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଧର୍ମ ସନ୍ତୋଷଜନକ ଭାବେ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିବାକୁ ଲାଗିଲେ ।

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ବିଶାଳଶକ୍ତି ଯେ ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ଅଛି ଏହା ପ୍ରାକୃତିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତାରୁ ଜଣାପଡ଼େ । ଏହି ଶକ୍ତିର କିୟଦଂଶ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ରୂପାନ୍ତର ଦ୍ୱାରା ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ଏହା ଶିଳ୍ପୋପଯୋଗୀ ନୁହେଁ ।

ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତି; B(Binding Energy)—

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକୁ ପୃଥକ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ, ତାକୁ ସେହି ନିଉକ୍ଲିୟସର ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତି B କହନ୍ତି । ଅନ୍ୟପକ୍ଷେ ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍

ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକୁ ଏକାଠିକରି ନିଉକ୍ଲିୟସ ଗଠନ କରିବାଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଜାତ ହୁଏ ତାକୁ ମଧ୍ୟ ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତି B କହନ୍ତି । ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ଶକ୍ତିର ସମ୍ପର୍କରୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ର ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । $E=mc^2$ ସୂତ୍ରରୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ $m=E/c^2$ । ଏଠାରେ c, ଶୂନ୍ୟତା ମଧ୍ୟରେ ଆଲୋକର ଗତିବେଗ ଏବଂ E, ଶକ୍ତି ଅଟେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ହିଲିୟମ ନିଉକ୍ଲିୟସର ଗଠନ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଉ ।

ହିଲିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ପ୍ରୋଟନ ଓ ଦୁଇଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଥାନ୍ତି ।

ଦୁଇ ପ୍ରୋଟନ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= 2 \times 1{\cdot}00758$ amu

ଦୁଇ ନିଉଟନ୍ର " $= 2 \times 1{\cdot}00893$ "

ଦୁଇ ଇଲେକଟ୍ରନ୍ର " $= 2 \times 0{\cdot}00055$ "

ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= 4{\cdot}03412$ amu

α—କଣିକା (ହିଲିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍)ର ଓଜନ $= 4{\cdot}0039$ amu

ଅତଏବ ବସ୍ତୁତ୍ୱ କ୍ଷତି (Mass Defeet) $= 4.03412 - 4{\cdot}0039$

$= 0{\cdot}03022$ amu.

କିନ୍ତୁ 1 amu $= 931$ Mev.

ଅତଏବ ବନ୍ଧନଶକ୍ତି $= 0{\cdot}03022 \times 931 = 28{\cdot}1$ Mev.

ହିଲିୟମ He^4 ନିଉକ୍ଲିୟସର ବନ୍ଧନଶକ୍ତି $= 28{\cdot}1$ Mev.

ଚିତ୍ର-3

ବେଳେ ବେଳେ ପ୍ରତି ନାଉକ୍ଲିୟନର ବନ୍ଧନଶକ୍ତି ଗଣନା କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏଥିନିମିତ୍ତ ବନ୍ଧନଶକ୍ତିକୁ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ନାଉକ୍ଲିୟନ ସଂଖ୍ୟା ଦ୍ୱାରା ଭାଗ କରିବାକୁ ପଡ଼େ ।

$$He^4\text{ର ପ୍ରତି ନାଉକ୍ଲିୟନ୍ ପାଇଁ ବନ୍ଧନଶକ୍ତି} = B/A = \frac{28{\cdot}1}{4} \simeq 7\ \text{Mev}$$

ଚିତ୍ରରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ B/A ର ସର୍ବୋଚ୍ଚମାନ ପ୍ରାୟ (8·7 Mev.) ପିରିଅଡ଼ିକ୍ ଟେବୁଲର ଲୁହା ଓ ନିକେଲ ପରମାଣୁ ନିମିତ୍ତ ଏହା ହୋଇଥାଏ । B/A ର ମୂଲ୍ୟ ହ୍ରାସପାଇ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ~ 7·5 Mev (u^{238}) ପାଇଁ ହୋଇଥାଏ ।

ନାଉକ୍ଲିଆର ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱର, କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅଭିକ୍ରିୟାରୁ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ବା ଅବଶୋଷିତ ହେବ ଜଣାପଡ଼େ । ଯଦି ଅଭିକ୍ରିୟାର ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ ସମସ୍ତ କଣିକାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ପରବର୍ତ୍ତୀ କଣିକାର ବସ୍ତୁତ୍ୱଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୁଏ । ଯଦି ଅଭିକ୍ରିୟା ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମସ୍ତ କଣିକାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ, ପୂର୍ବାପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶକ୍ତି ଅବଶୋଷିତ ହୁଏ ।

ନାଉକ୍ଲିୟସର ସ୍ଥାୟିତ୍ୱ (Nuclear stability)

ହାଲୁକା ନାଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକରେ ପ୍ରାୟ A = 2z ଏବଂ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାୟ ସମାନ ଭାବେ ଥାନ୍ତି । ଭାରୀ ନାଉକ୍ଲିୟସ ଗୁଡ଼ିକରେ ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟାରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ Aର ସଂଖ୍ୟା 2z ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ନାଉକ୍ଲିୟସର ବ୍ୟାସ ପ୍ରାୟ $A^{1/3}$ର ସମାନୁପାତୀ ଏବଂ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍ର ଆୟତନ Aର ସମାନୁପାତୀ । ପ୍ରୋଟନ୍‌ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ସମସ୍ତ ସ୍ଥିରବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣ (Total Electrostatic, Repulsion) z^2ର ସମାନୁପାତୀ ଏବଂ ନାଉକ୍ଲିୟସ ବ୍ୟାସର ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ (Inversely proportional) ନାଉକ୍ଲିୟସକୁ ବିଦୀର୍ଣ୍ଣ (Disruption) କରିବା ନିମିତ୍ତ ସମସ୍ତ ବିକର୍ଷଣବଳ (Repulsive Force) $Z^2/A^{1/3}$ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଏବଂ ଭାରୀ ନାଉକ୍ଲିୟସମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଏହି ବଳ ଖୁବ ବଢ଼ିଯାଏ । Ca^{40} (z = 20) ପାଇଁ ଏହି ବଳର ମାତ୍ରା 117 ଏବଂ P_b^{208}(z = 82) ପାଇଁ ଏହା 1137 ଅଟେ । ଏହାଛଡ଼ା n − p ଏବଂ n − n ବଳଗୁଡ଼ିକ ସବୁ ଆକର୍ଷଣାତ୍ମକ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ପ୍ରତି କଣିକାର ବନ୍ଧନଶକ୍ତି କମିଯାଏ ଏବଂ zର ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଭାରୀ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକରେ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଅସ୍ଥିରତା ବୃଦ୍ଧିପାଏ । z = 82 ଏବଂ z = 92 ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ

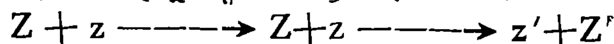
ମୌଳିକ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କରେ ଅସ୍ଥିରତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ତଥା ନଉକ୍ଲ୍ୟାର ବିଭଜନ (Fission) ଘଟିଥାଏ ।

ନଉକ୍ଲ୍ୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା (Nuclear Reactions) :—

ଯୁକ୍ତସ୍ୱର୍ଜ ବିଶିଷ୍ଟ (Positively charged) ପ୍ରୋଟନ $({}_1H^1)^+$, ଡ଼ଏଟେରନ $({}_1H^2)^+$ ଓ ଆଲଫା କଣିକା $({}_2He^4)^{++}$ ଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ଏକପ୍ରକାର କୁଲମୀୟ ବିକର୍ଷଣ ବଳ ଅନୁଭବ କରନ୍ତି ।

ଏହି ବିକର୍ଷଣବଳ $F = \frac{ze\ Ze}{r^2}$ ଏଠାରେ z ଓ Z ଯଥାକ୍ରମେ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ କଣିକା (Projectile Particle) ଓ ଲକ୍ଷ ନଉକ୍ଲ୍ୟସ୍ (Target)ର ପରମାଣୁ କ୍ରମାଙ୍କ ଅଟନ୍ତି । F, ବଳ ଓ e, ଏକ ଏକକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ $(4.80 \times 10^{-10}$ e.s.u ବା 1.6×10^{-19} କୁଲମ୍) ଅଟେ । ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ କଣିକାର ଯଥେଷ୍ଟ ଗତିଜ ଶକ୍ତି (kinetic energy) ଥିଲେ ଏହା ନଉକ୍ଲ୍ୟସ୍ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିପାରେ ଏବଂ ଏଠାରେ ଶକ୍ତିଶାଳୀ (strong), ଲଘୁ ପରିସରବିଶିଷ୍ଟ ଆକର୍ଷଣ ବଳ (Short range attractive force) ଅନୁଭବ କରେ । ଏହି ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ କ୍ଷଣକରେ ଲକ୍ଷ ନଉକ୍ଲ୍ୟସ ସହିତ ମିଶିଯାଇ ଏକ ଉତ୍ତେଜିତ ଯୌଗିକ ନଉକ୍ଲ୍ୟସ୍ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ସାଧାରଣତଃ ଯୌଗିକ ନଉକ୍ଲ୍ୟସର ଆୟୁକାଳ ଖୁବ୍ କମ୍ ପ୍ରାୟ $(\leqslant 10^{-11}$ ସେକେଣ୍ଡ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହା ଦୁଇ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଥମ ଭାଗ ହେଲା ଉତ୍ପାଦିତ କଣିକା (Product Particle) ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟଟି ଅବଶିଷ୍ଟ ନଉକ୍ଲ୍ୟସ (Residue Nucleus)

ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ ନିମ୍ନକ୍ରମେ ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ ।



$$Z + z \longrightarrow Z{+}z \longrightarrow z' + Z'$$

ଲକ୍ଷ	ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ	ଯୌଗିକ ନଉକ୍ଲ୍ୟସ	ଉତ୍ପାଦିତ କଣିକା	ଅବଶିଷ୍ଟ ନଉକ୍ଲ୍ୟସ୍
(Target)	Projectile	Compound nucleus	product particle	Residue Nucleus

ଯଦି ଆପତିତ କଣିକା (Incident particle) ନଉକ୍ଲ୍ୟସ୍‌କୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ଦିଏ ତେବେ ଏହି ଲକ୍ଷ ନଉକ୍ଲ୍ୟସ୍ ଅଧିକ ଉତ୍ତେଜିତ ଶକ୍ତିକୁ ଗାମା ରଶ୍ମି, ∝-କଣିକା ନିଉଟ୍ରନ୍, ପ୍ରୋଟନ୍, ଡ଼ଏଟେରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜନ ଦ୍ୱାରା ମୁକ୍ତ କରିଥାଏ । ଭାରି ନଉକ୍ଲ୍ୟସ୍‌ରେ

ବିଭଜନ ଘଟିବାଦ୍ୱାରା ଏହା ଦୁଇ ସମ ଖଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଆପାତିତ ଶକ୍ତି (≈ 50 Mev) ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ନିଉକ୍ଲିୟସ ବିଦୀର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାର କ୍ଷୁଦ୍ର ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ସହ ମିଶି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । 135 Mev ଅପେକ୍ଷା ଶକ୍ତି ଅଧିକ ହେଲେ ଏକ ପ୍ରକାର ନୂତନ କଣିକା π-meson ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ମଧ୍ୟ ନିମ୍ନକ୍ରମେ ଲେଖାଯାଏ ।

a+x → y+b ··· ····· ।

ଏଠାରେ a, ଆପତିତ କଣିକା

x, ଲକ୍ଷ ନିଉକ୍ଲିୟସ

y ଅବଶିଷ୍ଟ ,,

b ଉତ୍ପାଦିତ କଣିକା

ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟର ଅଭିକ୍ରିୟା ମଧ୍ୟ X (a, b) Y ରୂପରେ ଲେଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ସଂରକ୍ଷିତ ନିୟମ ମାନିଥାନ୍ତି । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା,

(1) ଅଭିକ୍ରିୟାର ପୂର୍ବ ଓ ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମସ୍ତ ଚାର୍ଜ

(2) ,, ,, ,, ନିଉକ୍ଲିୟନ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା

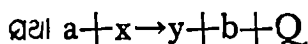
(3) କଣିକାର ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି (ବିରାମ ଶକ୍ତି+ଗତିଜ ଶକ୍ତି)

(4) ରୈଖିକ ସଂବେଗ (linear momentum), କୋଣୀୟ ସଂବେଗ (angular momentum), ସମସ୍ଥାନିକା ଚକ୍ରଣ (Isotopic spin) ଓ ସମତା (Parity) । ଏ ସମସ୍ତ ଅଭିକ୍ରିୟାର ପୂର୍ବରୁ ଓ ପରେ ସମାନ ରହେ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ଶକ୍ତି (Nuclear Reaction Energy) ବା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର Q-ମୂଲ୍ୟ (Nuclear Q-value)

ରସାୟନ ଶାସ୍ତ୍ରର ତାପପ୍ରକ୍ରିୟା ଭଳି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ । ଏବଂ ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରିଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁ ତ୍ୱରୁ ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଗଣନା କରାଯାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ବା ଅବଶୋଷିତ ହୁଏ ତାକୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ଶକ୍ତି କହନ୍ତି ଏବଂ ଏହା Q-ସଂକେତ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । X (a, b) Y ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାରେ

$Q = c^2 (M_x + M_a - M_y - M_b)$ । ବେଳେ ବେଳେ ଅଭିକ୍ରିୟା ମଧ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ Q କୁ ଲେଖା ଯାଇଥାଏ ।



ଯଥା $a + x \rightarrow y + b + Q$

ଅଭିକ୍ରିୟା ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ହୋଇଥାଏ । ତାପୋତ୍ପାଦକ (Exothermic) ଏବଂ ତାପଶୋଷି(Endothermic) । ତାପୋତ୍ପାଦକ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ Q ଧନଯୁକ୍ତ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ତାପଶୋଷୀ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ Q ଋଣଯୁକ୍ତ ଏବଂ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ବାହ୍ୟ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ।

Q ପରିମାଣ ଗଣନା ନିମିତ୍ତ ଏକ ଉଦାହରଣ ନିଆଯାଉ । ଯେଉଁ ଅଭିକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସର୍ବପ୍ରଥମେ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଥିଲା । ବେରିଲିୟମ୍ ∝-କଣିକାଦ୍ୱାରା ପ୍ରକ୍ଷେପିତ ହୋଇ c^{12} ଓ ନିଉଟ୍ରନ ($_0n^1$) ସୃଷ୍ଟି କରିଥିଲା ।

ବେରିଲିୟମର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= M(B_e{}^9) = 9.015043$ amu

∝-କଣିକା ବା ହିଲିୟମର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= M(H_e{}^4) = 4.003873$,,

$M(B_e{}^9) + M(H_e{}^4) = 13.018916$ amu

ଏବଂ C^{12} ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= M(C^{12}) = 12.003804$ amu

ନିଉଟ୍ରନ୍ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= M(_0n^1) = 1.008982$,,

$M(C^{12}) + M_n = 13.012786$ amu.

$$\therefore \frac{Q}{C^2} = M(B_e{}^9) + M(H_e{}^4) - M(C^{12}) - M_n$$

$$= 13.018916 - 13.012786 = 0.006130 \text{ amu}$$

$$\therefore Q = 0.006130 \times 931.1 = 5.708 \text{ Mev.}$$

ସୁତରାଂ ଏହା ଏକ ତାପୋତ୍ପାଦକ ଅଭିକ୍ରିୟା ଏବଂ 5.708 Mev ଶକ୍ତି ନିଉଟ୍ରନ୍ର ଗତିଜଶକ୍ତି ରୂପେ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା
(Compound Nucleus and Nuclear Reactions)

ଯଦି ଗୋଟିଏ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ରକ୍ଷେପୀ, ବାହାରୁ କିଛି ଗତିଜଶକ୍ତି ସହ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରେ, ତେବେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ସମସ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟନ୍ ଏହି ଉତ୍ତେଜନା

ଶକ୍ତିକୁ ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ବାଣ୍ଟି ନିଅନ୍ତି । ଏହି ଶକ୍ତିବଣ୍ଟନ ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ବା ଏକଦଳ ନିଉକ୍ଲିୟନ ନିଜ ନିଜ ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତିଠାରୁ ଅଧିକ ଗତିଜ ଶକ୍ତି ପାଇଥାନ୍ତି । ଗୋଟିଏ ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ହାରାହାରି ଆୟୁକାଳ (ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକ୍ଷେପର ଗ୍ରହଣ ଓ ଏଥିରୁ କଣିକାର ଉତ୍ସର୍ଜନ) 10^{-14} ସେକେଣ୍ଡ ବା ତାଠାରୁ କମ୍ । କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନ୍ ବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 10^{10} ସେ.ମି. ପରିବେଗରେ 10^{-12} ସେ.ମି. ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବାକୁ 10^{-22} ସେକେଣ୍ଡ ନେଇଥାଏ । ତେଣୁ ଏହି 10^{-14} ସେକେଣ୍ଡରେ ମଧ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟନ୍‌ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଘର୍ଷଣ ସଂଘଟିତ ହୋଇ ଶକ୍ତିବଣ୍ଟନ ହୋଇଥାଏ ।

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା
(Types of Nuclear Reactions)

ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକ ଆପତିତ ଶକ୍ତି ତଥା ଲକ୍ଷ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସର ପ୍ରକାର ଭେଦ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରନ୍ତି । ତେଣୁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବ୍ଲାଟ (Blatt) ଓ ଓ୍ୱାଇସ୍‌କପ (Weisskopf) ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକୁ ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରିଛନ୍ତି ।

i) **ଆପତିତ କଣିକା** (Incident particle) :—ଯେଉଁ କଣିକାମାନେ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ କରିଥାନ୍ତି, ଯଥା—ନିଉଟ୍ରନ୍, ପ୍ରୋଟନ୍, ଡ଼ିୟୁଟେରନ୍, α-କଣିକା ଏବଂ γ-ରଶ୍ମି ଫୋଟନ୍ ।

ii) **ଆପତିତ ଶକ୍ତି** (Incident energy) :—ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରକାରରେ ଆପତିତ ଶକ୍ତି 5 ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇପାରେ ।

(1) **ନ୍ୟୂନ ଶକ୍ତି** (Low energy) E→(0−1000) ev.
(2) ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଶକ୍ତି (Lntermediate Energy) E→(1−500) Kev.
(3) ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି (High Energy) E→(0.5−10) Mev.
(4) ଅତି ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି (Very high Energy) E→(10−50) Mev
(5) ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଶକ୍ତି (Ultra high Energy) E>50 Mev.

iii) **ଲକ୍ଷ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ** (Target nuclei) :—ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା A ଅନୁସାରେ ଲକ୍ଷ ନିଉକ୍ଲିୟସଗୁଡ଼ିକ ତିନୋଟି ଶ୍ରେଣୀରେ ବିଭକ୍ତ ।

(୧) ହାଲୁକା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ (light nuclei) A → (1-25)
(2) ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ,, (Intermediate nuclei) A → (25-85)
(3) ଭାରି ,, (Heavy nuclei) A → (85-240)

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଅଭିକ୍ରିୟା ସମ୍ଭବ । କିନ୍ତୁ ଯେଉଁଗୁଡ଼ିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ରିଆକ୍ଟର୍‌ରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ତାହା ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

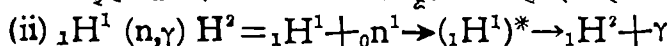
(n,γ) ଅଭିକ୍ରିୟା (n,γ reaction) :—ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାକୁ ବିକିରଣାତ୍ମକ ପ୍ରଗ୍ରହଣ (Radiation Capture) କହନ୍ତି । ଏଥିର Q-ମୂଲ୍ୟ ଧନଯୁକ୍ତ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୃହୀତ ହୁଏ କିନ୍ତୁ କୌଣସି ଭାରି କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୁଏ ନାହିଁ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ-ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିମିତ୍ତ ଗାମା ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ



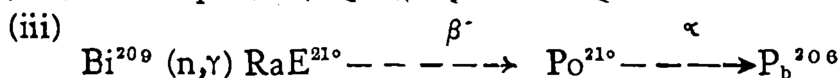
$$Cd^{113}\ (n,\gamma)cd^{114}$$

cd (cadmium)ର ଅବଶୋଷଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥକାଟ ଖୁବ୍ ବଡ ଅଟେ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ Cd ଧାତୁକୁ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ପରିରକ୍ଷକ (Slow neutron shielding) ତଥା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ (control rod) ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ ।



(ii) $_1H^1\ (n,\gamma)\ H^2 = {}_1H^1 + {}_0n^1 \rightarrow ({}_1H^1)^* \rightarrow {}_1H^2 + \gamma$

ଯେଉଁସବୁ ରିଆକ୍ଟରରେ ଜଳ ଶୀତଳକ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ (Hanford pile) ମନ୍ଦକ ଭାବେ (LosAlamos Water Boiler) ବା ପରିରକ୍ଷକଧାତୁ ଭାବେ (Clinton pile) ରେ ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟା ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ ।

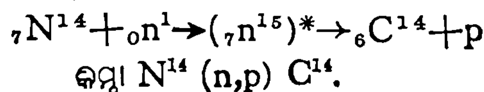


(iii)

$$Bi^{209}\ (n,\gamma)\ RaE^{210} \xrightarrow{\beta^-} Po^{210} \xrightarrow{\alpha} P_b^{206}$$

ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ ରିଆକ୍ଟରରେ Bi ଶୀତଳକ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାଦ୍ୱାରା RaE ଓ Po ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

(n,P) ଅଭିକ୍ରିୟା (n,p) reaction :— ଏହି ଶ୍ରେଣୀୟ ଅଭିକ୍ରିୟା ସାଧାରଣତଃ ନିମ୍ନ Z ମୌଳିକବସ୍ତୁମାନଙ୍କରେ ଦେଖାଯାଇଥାଏ ।



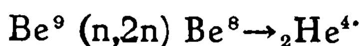
$${}_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow ({}_7n^{15})^* \rightarrow {}_6C^{14} + p$$

କିମ୍ବା $N^{14}\ (n,p)\ C^{14}$.

C^{14} ରେଡିଓଆକ୍ଟିଭ୍ ଟ୍ରେସର୍ (Radioactive Tracer) ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଜୈବିକ ତନ୍ତୁଗୁଡ଼ିକରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ ହେବା ପରେ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ହୋଇଥାଏ ।

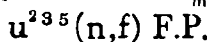
(n,α) ଅଭିକ୍ରିୟା—(n,α) Reaction :—ଏ ପ୍ରକାର ଅଭିକ୍ରିୟା ସାଧାରଣତଃ ହାଲୁକା ମୌଳିକବସ୍ତୁରେ ଦେଖାଯାଏ । ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟା ବ୍ୟାପକଭାବେ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅନୁସନ୍ଧାନକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର (Slow neutron detector) ଯଥା BF_3 ଗ୍ୟାସ-ପୂର୍ଣ୍ଣ ସମାନୁପାତୀ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର (Gas filled proportional counter)ରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(n,2n) ଅଭିକ୍ରିୟା-(n,2n) (Reaction) :—ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାରେ Q ସର୍ବଦା ଋଣଯୁକ୍ତ । ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ଆପତିତ ନିଉଟ୍ରନରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ଥାଏ ତେବେ ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରୁ ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟା ପରେ ଦୁଇଟି ନିଉଟ୍ରନ ନିର୍ଗତ ହୋଇପାରେ । ବେରିଲିୟମ୍ ମନ୍ଦକ ରିଆକ୍ଟରରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ନିମ୍ନଲିଖିତ ଅଭିକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।



Be^9 (n,2n) $Be^8 \rightarrow {}_2He^4$.

(n,f) ଅଭିକ୍ରିୟା-(n,f) Reaction :—ଏହା ସବୁଠାରୁ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଭିକ୍ରିୟା । ଏଥିରେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ର ବିଭଜନ ହୋଇଥାଏ ।

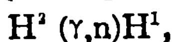


u^{235}(n,f) F.P.

ଏଠାରେ F.P ଅଭିକ୍ରିୟା ପ୍ରସୂତ ବିଭଜନ ଖଣ୍ଡ ।

(γ,n) ଅଭିକ୍ରିୟା—(γ,n) Reaction :—ଆଲୋକବିଘଟନ (Photodisintegration)

ଯଦି ଆପତିତ ଗାମା ରଶ୍ମି ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ସମସ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ଏପ୍ରକାର ଆଲୋକ ବିଘଟନ ଘଟି ନିଉଟ୍ରନ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।



H^2 (γ,n)H^1,

ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା ଭାରିଜଳ ମନ୍ଦକ ରିଆକ୍ଟରରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ଏ ପ୍ରକାର ରିଆକ୍ଟର ଚକ୍ ରିଭର, ଓଣ୍ଟାରିଓ, କାନାଡ଼ାରେ ଅବସ୍ଥିତ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ପ୍ରାରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ କେଉଁ କେଉଁ ପରିସ୍ଥିତି ଆବଶ୍ୟକ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ । ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ଅଣୁ ବା ପରମାଣୁ ପରସ୍ପରଠାରୁ ପରମାଣୁ ଆକାରର ସୀମା ($\simeq 10^{-8}$ ସେ. ମି.) ମଧ୍ୟରେ ଆସିଥାନ୍ତି, ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନୀୟ କକ୍ଷ ଏକ ଅନ୍ୟ ସହ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା କରି ପାରିବେ । ଯଦି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ 10^{-12} ସେ·ମି ଆରମ୍ଭ କରି 10^{-13} ସେ.ମି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପରସ୍ପର ଆଡ଼କୁ ଆସନ୍ତି ତେବେ ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟା ସମ୍ଭବ । ଦୂରତ୍ୱର ଏହି ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ନିଉକ୍ଲିୟନ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବଳ (Neuclear Force) କାର୍ଯ୍ୟଶୀଳ ହୋଇଥାଏ । ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ପ୍ରାରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରାୟୋଗିକ ପଦାର୍ଥକୁ (Reacting Substance) କେବଳ ଗରମ କରିବା ହିଁ ଯଥେଷ୍ଟ । ଏହି ତାପୀୟ ଚଳନ ଦ୍ୱାରା ଶୀଘ୍ରଶୀଘ୍ର ପରମାଣବୀୟ ସଂଘଟ୍ଟନ (Atomic collision) ଘଟିଥାଏ ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନୀୟ କକ୍ଷ ରାସାୟନିକ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ କରିବାରେ ସଫଳ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ନିଉକ୍ଲିୟର ଅଭିକ୍ରିୟା ପ୍ରାରମ୍ଭ କରିବା ଅତୀବ କଠିନ ବ୍ୟାପାର । କାରଣ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିକର୍ଷଣବଳ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ଏବଂ ଏହି ବଳ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଦୂରତ୍ୱର ପ୍ରତି ଲୋମବର୍ଗ (Inverse Proportion) ଅନୁସାରେ ବର୍ଦ୍ଧିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଅତଏବ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ କରିବା ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସକୁ ଏତିକି ଶକ୍ତି ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା ଏହା ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିକର୍ଷଣ ବଳ ପ୍ରଭାବରୁ ମୁକ୍ତ ହୋଇ-ପାରିବ । ଏହା ଦୁଇ ପ୍ରକାର ସମ୍ଭବ ।

1) ତ୍ୱରକ (Accelerator) ଭଳି ବିଶିଷ୍ଟ ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ଏକ ପ୍ରକାର ମୌଳିକ-ବସ୍ତୁର ନିଉକ୍ଲିୟସକୁ ଖୁବ୍ ଦ୍ରୁତ ପରିବେଗ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅନ୍ୟ ଏକ ମୌଳିକବସ୍ତୁର ନିଉକ୍ଲିୟସକୁ ଆଘାତ (Bombard) କରିଥାଏ ।

2) କୌଣସି ପଦାର୍ଥକୁ ଅତ୍ୟଧିକ ଗରମ କଲେ (ଦଶଲକ୍ଷ ଡ଼ିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ଼୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ) ଏହାର ତାପୀୟ ଗତି, ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣ ବଳଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ । ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା (Thermonuclear reaction) କହନ୍ତି ।

ପ୍ରଥମ ପ୍ରକାରରେ ଆଘାତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍‌ଜାନ ଆଇସୋଟୋପ H^1 ତଥା H^2 (ପ୍ରୋଟୋନ୍ p ତଥା ଡ୍ୟୁଟେରନ୍ d) ଏବଂ ହିଲିୟମ ଆଇସୋଟୋପ He^4 (α—କଣିକା)ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ପ୍ରକାରର ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ କିଛିକାଳ ପୂର୍ବେ ସମ୍ଭବ ହୋଇ ନ ଥିଲା । କାରଣ ଏଥି ସକାଶେ ଆବଶ୍ୟକ ଉତ୍ତାପର ଉତ୍ପତ୍ତି ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ହୋଇପାରି ନ ଥିଲା । କିନ୍ତୁ ଉଦ୍‌ଜାନ ଓ ଅନ୍ୟ ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ସଂଘଟିତ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ସୂର୍ଯ୍ୟ ତଥା ଅନ୍ୟ ନକ୍ଷତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଦେଖାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ପ୍ରାୟ ଏକ କୋଟି ଡିଗ୍ରୀ ଉତ୍ତାପର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ଆଧୁନିକ ମତବାଦ ଅନୁଯାୟୀ ଏ ପ୍ରକାର ଅଭିକ୍ରିୟା ସୌର ଶକ୍ତି ତଥା ନାକ୍ଷତ୍ରିକ ଶକ୍ତିର ଉତ୍ସ ।

ନିକଟ ଅତୀତରେ ଏହି ପ୍ରକାର ତାପନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ପ୍ରୟୋଗଶାଳା ପରିସ୍ଥିତି (laboratory conditions) ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରିଛି । ଏହା ପରବର୍ତ୍ତୀ ଅଧ୍ୟାୟରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ ହେବ । ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ତ୍ୱରିତ ଚାର୍ଜ କଣିକା କ୍ରମେ କ୍ରମେ ପରମାଣୁ ଗୁଡ଼ିକୁ ଆୟନୀକରଣ କରି ଶକ୍ତି ହରାଇଥାଏ । ତେଣୁ ଅନ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ପ୍ରବେଶକରି ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିକର୍ଷଣବଳ ଅତିକ୍ରମ କରିବାକୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଅକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ । କେବଳ କମ ତ୍ୱରିତ କଣିକା ଲକ୍ଷ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ ଆଘାତ କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ କରିଥାଏ ।

ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ ଆଘାତ କଲେ ଏପରି ହୋଇ ନ ଥାଏ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଚାର୍ଜଶୂନ୍ୟ କଣିକା, ଏଥିପାଇଁ ଏହାର ଗତିବେଗ କମ୍ ହେଲେହେଁ ଏହା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନୀୟ କକ୍ଷକୁ ଅତିକ୍ରମ କରି ଲକ୍ଷ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ଏପରି ଏକ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆବଶ୍ୟକ ଯାହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଆରମ୍ଭ ହେବ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣର ନିଉଟ୍ରନ ଉତ୍ପତ୍ତି ହେବ । ଏହି ଉତ୍ପାଦିତ ନିଉଟ୍ରନ୍, ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ ବଞ୍ଚାଇ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । 1939 ମସିହାର ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଏ ପ୍ରକାର ଅଭିକ୍ରିୟା ସଂଘଟିତ ହେବା ଜଣାପଡ଼ିଥିଲା । ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍-ପ୍ରେରିତ ୟୁରାନିୟମ୍— ବିଭାଜନ ଅଭିକ୍ରିୟା ନାମରେ ଅଭିହିତ (Neutron-induced uranium fission reaction) ।

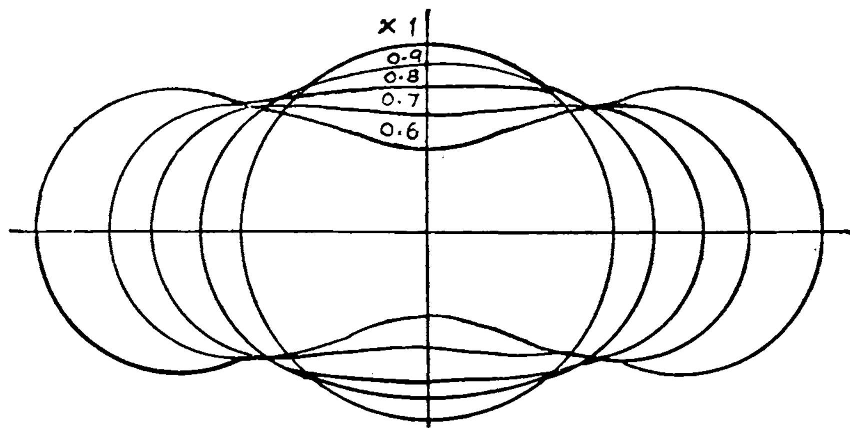
ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭାଜନ (Nuclear Fission) :—

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭାଜନ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ଆପତିତ କଣିକା ଗ୍ରହଣ କରି ଯୌଗିକ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍, ସମତୁଲ ଦୁଇଖଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବିଘଟନ ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହା ଅପେକ୍ଷା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବିଭାଜନ ଜନିତ ଶକ୍ତି ବହୁଗୁଣରେ ଅଧିକ । କିନ୍ତୁ ଏହା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭାଜନର ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଲାଭ ନୁହେଁ । ବିଭାଜନ ଦ୍ୱାରା ବହୁଗୁଡ଼ିଏ

ନ୍ୟୁଟ୍ରନର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ସ୍ୱୟଂଶୃଙ୍ଖଳିତ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା (Chain reaction) ରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି ।

ୟୁରାନିୟମ୍ ଓ ଥୋରିୟମ୍ ଭଳି ମୌଳିକଗୁଡ଼ିକ ଭାରି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ କାଳକ୍ରମେ ଧୀରେ ଧୀରେ ଭାଙ୍ଗି ଦୁଇ ଭାଗ ଖଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହାକୁ ସ୍ୱ—ବିଭାଜନ କହନ୍ତି ଏବଂ ୟୁରାନିୟମ ନିମିତ୍ତ ହାରାହାରି ଅର୍ଦ୍ଧଆୟୁକାଳ $\approx 10^{21}$ ବର୍ଷ । ଶକ୍ତିଶାଳୀ ନିଉଟ୍ରନ, ପ୍ରୋଟନ୍, ଡ୍ୟୁଟେରନ୍, α—କଣିକା ଓ γ—କଣିକାର ଆଘାତ ଦ୍ୱାରା ଅନେକ ଭାରି ନିୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ବିଭାଜନ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏଥିରୁ ବିଭାଜନ ପ୍ରସୂତ ଶକ୍ତି ଖୁବ୍ କମ୍ । ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ ଦ୍ୱାରା ୟୁରାନିୟମ ଆଇସୋଟୋପ୍ u^{233}, u^{235} ଏବଂ Pu^{239} ରେ ଯେଉଁ ବିଭାଜନ ହୁଏ, ସେଥିରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତେଣୁ ଏହି ଅଭିକ୍ରିୟାର ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ଯଥେଷ୍ଟ ।

ୟୁରାନିୟମ ଓ ଥୋରିୟମ୍ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକରେ ଅଧିକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଥିବାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଉତ୍ତେଜନା (Provocation) ପାଇବା ମାତ୍ରେ ସେମାନେ ଖଣ୍ଡ ବିଖଣ୍ଡ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରଠାରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଏମାନଙ୍କର ପୃଷ୍ଠ ଅଣଗୋଲାକାର ଆକାର ଧାରଣ କରି ବିସ୍ତାରିତ ହୁଏ । ଖୁବ୍ ବଳଶାଳୀ ପୃଷ୍ଠଟାନ (Surface Tension) ଦ୍ୱାରା ଏହି ବିସ୍ତାରଣ ଅବରୋଧ କରାଯାଇଥାଏ । ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଜଳ ପୃଷ୍ଠ ଟାନଦ୍ୱାରା ଯେପରି ଗୋଲାକାର ଆକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ, ଠିକ୍ ସେହିପରି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟ ଗୋଲାକାର ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ପୃଷ୍ଠଟାନ,

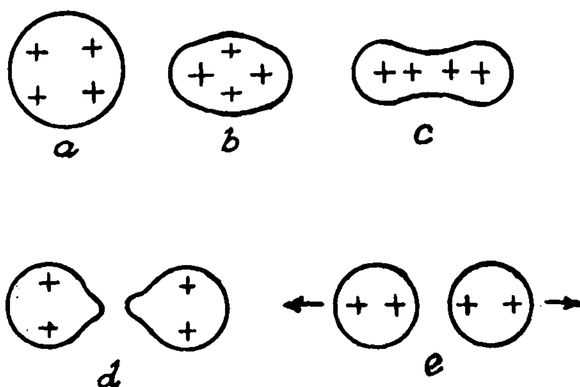


(ଚିତ୍ର ନଂ ୪)

ଜଳର ପୃଷ୍ଠତାନ ଅପେକ୍ଷା 10^{18} ଗୁଣ ଅଧିକ । ନିୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଜଳବିନ୍ଦୁ ମଡ଼େଲ (Liquid drop model) କୁ ଗ୍ରହଣ କରି ଏମାନଙ୍କର ଆକାର ଗଣନା କରାଯାଇ ଥାଏ । ନିୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ x ପାରାମିଟର ଦ୍ୱାରା ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୁଅନ୍ତି । x, ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଓ ପୃଷ୍ଠତାନର ଅନୁପାତ ଅଟେ । ଥୋରିୟମ୍‌ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ନିମିତ୍ତ x ର ମାନ 0·7ରୁ 0·8 ମଧ୍ୟରେ ହୋଇଥାଏ । X ର ମୂଲ୍ୟ ଯେତେ ଅଧିକ ହୁଏ, ନିୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ସେତିକି ଅସ୍ଥିର ହୁଅନ୍ତି ।

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭଜନର କ୍ରିୟାବିଧି
(Mechanism of Nuclear Fission)

ଏକ ବିନ୍ଦୁ (Drop) ଗୁରୁତ୍ୱଯୁକ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ବିଭଜନ ସହିତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭଜନ କ୍ରିୟାବିଧିର ଯଥେଷ୍ଟ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଅଛି । ସର୍ବ ପ୍ରଥମେ ଗୋଲକାର ବିନ୍ଦୁ ତୀବ୍ର ବିକୃତବଳ ପାଇ କମ୍ପିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-5)

ଚିତ୍ର 5 (a) ରେ ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ବିନ୍ଦୁ (Drop) ଗୋଲକାର ଥାଏ । (b) ବିକୃତ ବଳ ପ୍ରଭାବରେ ଏହା ଗୋଲପରି (Spheroi dal) ହୁଏ । (c) ଯଦି ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ପୃଷ୍ଠତାନଠାରୁ କମ୍ ହୁଏ ତେବେ ବିନ୍ଦୁ ପୂର୍ବାକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ ଏବଂ କମ୍ପନ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଯଦି ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ପୃଷ୍ଠତାନଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ବିନ୍ଦୁ ଏକ (Dumbbell) ଡମ୍ବେଲ ଆକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ । (d) ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ବିନ୍ଦୁଟି ଦୁଇଟି

ବିକୃତ ଆକାର ବିଶିଷ୍ଟ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହେବାର ବହୁତ ସମ୍ଭାବନା ଥାଏ । (e) ଏବଂ ପରେ ଗୋଲକାର ଆକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ । ବିଭଜନ ହେବା ସମୟରେ ଖୁବ୍ ଛୋଟ ଛୋଟ ବିନ୍ଦୁ ମୁଖ୍ୟ ବିନ୍ଦୁଠାରୁ ପୃଥକ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ଉତ୍ତେଜିତ ଯୌଗିକ ନଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ତେଜନାଶକ୍ତି ଯୌଗିକ ନଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ନିଉଟ୍ରନ ବନ୍ଧନଶକ୍ତି ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ ପୂର୍ବରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ଗତିଜ ଶକ୍ତିର ସମଷ୍ଟି ସହିତ ସମାନ । ତରଳ ବିନ୍ଦୁର କମ୍ପନ ଭଳି ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ଉତ୍ତେଜନା ପାଇ କମ୍ପିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଯଦି ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ନଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ (c) ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣିବା ନିମିତ୍ତ ଯଥେଷ୍ଟ ନୁହେଁ ତେବେ ନଉକ୍ଲିୟସ୍, ନଉକ୍ଲିୟାର ବଳ ପ୍ରଭାବରେ ପୂର୍ବ ଗୋଲକାର ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରିଆସେ ଏବଂ ଅତିରିକ୍ତ ଶକ୍ତିକୁ ଗାମା ରଶ୍ମି ରୂପରେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ । ଯଦି ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ଯଥେଷ୍ଟ ହୁଏ ତେବେ ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ଡମ୍ବେଲ ଅବସ୍ଥା (c) ରେ ଉପନୀତ ହୁଏ । ଡମ୍ବେଲର ଦୁଇ ଗୋଲକର ମଧ୍ୟରେ ବଳବତ୍ତର ଥିବା ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିକର୍ଷଣ ବଳ, ନଉକ୍ଲିୟାର ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତିଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ତତ୍ପରେ ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦୁଇ ଖଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇ-ଥାଏ ।

ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ କ୍ରାନ୍ତିକ ଶକ୍ତି
(The Critical Energy For Fission)

ନଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ ବିଭକ୍ତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯେଉଁ ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ତାକୁ କ୍ରାନ୍ତିକ ଶକ୍ତି (Critical energy) କହନ୍ତି । (c) ଅବସ୍ଥାରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣ ଶକ୍ତି, ପୃଷ୍ଠଶକ୍ତି ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ବିକର୍ଷଣ ଶକ୍ତି $z^2/A^{1/3}$ର ସମାନୁପାତୀ । କିନ୍ତୁ ପୃଷ୍ଠଶକ୍ତି $A^{2/3}$ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ତେଣୁ ଉଭୟ ଶକ୍ତିର ଅନୁପାତ z^2/A· ନଉକ୍ଲିୟସର ବିଭଜନ ଏହି z^2/A ମାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି କୌଣସି ନଉକ୍ଲିୟସର z^2/A ମାନ ଅଧିକ, ତେବେ ଏହାର ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ଖୁବ୍ କମ୍ ବାହ୍ୟଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ।

ବୋର (Bohr) ଓ ହ୍ୱିଲର (Wheeler) ସିଦ୍ଧାନ୍ତ ଅନୁଯାୟୀ ଯଦି ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିକର୍ଷଣ ବଳ, ପୃଷ୍ଠ ବଳର ଦୁଇ ଗୁଣରୁ ଅଧିକ ହୁଏ, ତେବେ ନଉକ୍ଲିୟସରେ ବିଭଜନ ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ ହୋଇଥାଏ । ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ (Instantaneous) ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ସର୍ତ୍ତ ହେଲା ଯେ $z^2/A > 50$ । ନଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ହଠାତ୍ ସ୍ୱ-ବିଭଜନ (Spontaneous

fission) ନ ହେବାର ସର୍ତ୍ତ ହେଲା $z^2/A <$ ପ୍ରାୟ 45 । z^2/Aର ମାନ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ-239 ପାଇଁ 37·00, ୟୁରାନିୟମ୍-233 ପାଇଁ 36·4 ଓ ୟୁରାନିୟମ୍-235 ପାଇଁ 36 ଅଟେ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ ପରେ u-235 ର ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଚାଳକ ଶକ୍ତି ମାତ୍ର 5·5 Mev ହୋଇଥିବାବେଳେ, ସୀସା, ଟାଣ୍ଟାଲମ୍ ପ୍ରଭୃତି ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁର z^2/A ମାନ ପ୍ରାୟ 30 ବା ତାଠାରୁ କମ୍ ଏବଂ ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ଚାଳକ ଶକ୍ତି ଖୁବ୍ ଅଧିକ । ଲକ୍ଷ ଲକ୍ଷ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଭୋଲ୍ଟ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇବା ପରେ ଯାଇ ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ବିଭକ୍ତ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ଏତେ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇବା ସମ୍ଭବପର ନ ହେବାରୁ ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁରେ ବିଭଜନ ପ୍ରାୟ ଦେଖାଯାଇ ନଥାଏ ।

ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି ଓ ବିଭଜନ (Neutron Energy & Fission) :—

ଯଦି ଚାଳକ ଶକ୍ତି, ନିଉଟ୍ରନ ବନ୍ଧନଶକ୍ତି (ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣରୁ ପ୍ରାପ୍ତଶକ୍ତି) ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ କେବଳ ଦ୍ରୁତ (fast) ଗତିଶୀଳ ଓ ଅତିଶକ୍ତି ଗତିଜଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବିଭଜନ ହୋଇପାରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ u^{238}ର ବିଭଜନ 1·1 Mevରୁ କମ୍ ଗତିଜଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ ଦ୍ୱାରା ହୋଇନପାରେ । Th^{238} ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ଅନୁରୂପ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ଯଦି ଚାଳକ ଶକ୍ତି, ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତିଠାରୁ କମ୍ ହୁଏ, ତେବେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବିଭଜନ କମ୍ ଗତିଜଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ଧୀର (slow) ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ପ୍ରାପ୍ତ Pu^{239}, u^{233} ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ମାନେ ମଧ୍ୟ ଏତାଦୃଶ ଧର୍ମ ଦର୍ଶାଇଥାନ୍ତି । ଏମାନଙ୍କର ଦାନ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର୍ ଶିଳ୍ପପ୍ରତି ଅତୁଳନୀୟ ।

ଯଦି ମୂଳ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ସମସଂଖ୍ୟକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ବିଷମ ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଥାଏ ତେବେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ ପରେ ଏଥିରୁ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ନଚେତ୍ ବିଷମ ସଂଖ୍ୟକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ ଏପରି ହୋଇଥାଏ । u-233, u-235 ଓ Pu-239ରେ ସମ ସଂଖ୍ୟକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ବିଷମ ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଥାନ୍ତି । ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟମ୍ ଗୁଡ଼ିକ ବିଭଜନୀୟ (fissile) ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ପ୍ରୋଟୋଆକ୍ଟିନିୟମ୍—232, ନେପଚୁନିୟମ୍—236 ଓ —238 ଏବଂ ଆମେରିକିୟମ୍—252 ଗୁଡ଼ିକ ବିଷମ-ବିଷମ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଅଟନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନେ ବିଭଜନୀୟ । ଅପର ପକ୍ଷେ ନେପଚୁନିୟମ୍—237 (ବିଷମ ସଂଖ୍ୟକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ସମ

ସଂଖ୍ୟକ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍), ଥୋରିୟମ୍—232 ଓ ୟୁରାନିୟମ୍—238 (ଉଭୟଙ୍କର ସମସଂଖ୍ୟକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍) ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବିଭଜନୀୟ । ଏହି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ମାନଙ୍କର ବିଭଜନ କ୍ରିୟା ଦ୍ରୁତ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଆବଶ୍ୟକ ।

ବିଭଜନରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜନ (Emission of Neutrons in Fission) :—

ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଅଧିକାଂଶ ଖଣ୍ଡ (Fragments) ଉତ୍ତେଜିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାନ୍ତି, ଏବଂ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପରେ ମୂଳ ସ୍ଥାୟୀ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରି ଆସନ୍ତି । ଏ ପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନରେ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍, ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଓ ଗାମାକ୍ୱାଣ୍ଟା ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ପରୀକ୍ଷାମୂଳକ ଭାବେ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ଧୀର ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା u—235 ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବିଭଜନରୁ ହାରାହାରି $2 \cdot 5 \pm 0 \cdot 1$ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇ-ଥାଏ । ଏହି ଆଂଶିକ ସଂଖ୍ୟା ସବୁ ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇନଥାଏ; କାରଣ ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିଭଜନରେ ପୂର୍ଣ୍ଣାଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା (Integral Number) ବିଶିଷ୍ଟ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ ।

ବିଭଜନରୁ ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସେମାନେ ହେଲେ ତାତ୍କାଳୀକ (Prompt) ଓ ବିଲମ୍ବିତ (Delayed) ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ।

ତାତ୍କାଳିକ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ (Prompt Neutrons) :—

ଯେତେବେଳେ ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି, ବିଭଜନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତିରୁ ଅଧିକ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ଏ ପ୍ରକାର ତାତ୍କାଳିକ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାୟ 10^{-14} ସେକେଣ୍ଡ ବ୍ୟବଧାନରେ ଏହି ବିଭଜନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକରୁ ନିଷ୍କାଷିତ (ejected) ହୋଇଥାନ୍ତି । ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ସମସ୍ତ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍‌ର ଏମାନେ ହେଲେ ଶତକଡ଼ା ୨୨ ଭାଗ । ତାତ୍କାଳିକ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି ବେଳେବେଳେ 10 Mevରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ଅଧିକାଂଶଙ୍କର ଶକ୍ତି ପ୍ରାୟ 1 ରୁ 2 Mev ମଧ୍ୟରେ ।

ବିଲମ୍ବିତ ନିଉଟନ୍ (Delayed Neutrons) :—

ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍‌ର ଏମାନେ ହେଲେ ଶତକଡ଼ା 0·75 ଭାଗ । ଯଦି 1 Mev ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା u—235 ର ବିଭଜନ ହୁଏ ତେବେ 160 ଗୋଟି ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରାୟ ଗୋଟିଏ ମାତ୍ର ବିଲମ୍ବିତ ହୋଇଥାଏ । ବିଭଜନ ପରେ କିଛି

ମିନଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଏମାନେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ତୀବ୍ରତା (Intensity) କ୍ରମଶଃ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ବିଳମ୍ବିତ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ପାଞ୍ଚ ପ୍ରକାରର । ମୁଖ୍ୟତଃ ସେମାନଙ୍କ ଧର୍ମ-ଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ ହୋଇଛି ।

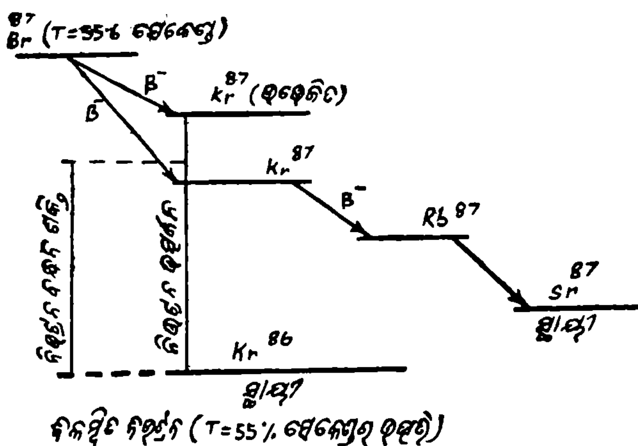
ସାରଣୀ—୩

(ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା u−235 ରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ବିଳମ୍ବିତ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍-ଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମ)

(Properties of Delayed Neutrons Emitted in Thermal Neutron-Fission of u−235)

ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ସେକେଣ୍ଡ Half life inSecs	ହାରାହାରି ବିଳମ୍ବିତ ସମୟ (Average Delaytime)
0·43	0·62
1·52	2·19
4·51	6·50
22·00	31·70
55·60	80·2

ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ବିଭଜନ ପଦ୍ଧତି (Process) କୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବାରେ ବିଳମ୍ବିତ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି । ଏହି ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକର କିପରି ଉତ୍ପତ୍ତି ହୁଏ, ତାହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ବିଳମ୍ବିତ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ T=55·6 ସେକେଣ୍ଡର ଉତ୍ପତ୍ତି ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ । ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଖଣ୍ଡମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ Br^{87} ଆଇ-ସୋଟୋପ୍ ଅନ୍ୟତମ । ଏହି Br^{87} ଆଇସୋଟୋପ୍ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସରେ, ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଥାନ୍ତି ସୁତରାଂ Br^{87} ଅସ୍ଥାୟୀ ଏବଂ ଏଥିରେ β-ବିଘଟନ ଘଟି ଏହା Kr^{87} ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । Kr^{87} ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ଅତ୍ୟଧିକ ଉତ୍ତେଜିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସେମାନଙ୍କର ଉତ୍ତେଜନା ଶକ୍ତି ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତିଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଶୀଘ୍ର ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରି ସ୍ଥାୟୀ Kr^{86} ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଅଳ୍ପ ଉତ୍ତେଜିତ, ଅନ୍ୟ Kr^{87} ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ β-ବିଘଟନ ଘଟିବା ଦ୍ୱାରା ଏହା ସ୍ଥାୟୀ Sr^{87} ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।

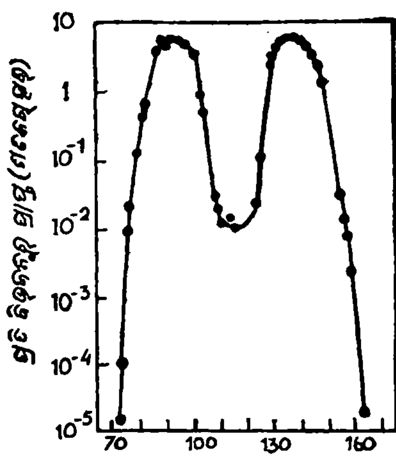


(ଚିତ୍ର-ନଂ 6—ବିଳମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ (T=55·6 ସେକେଣ୍ଡ) ର ଉତ୍ପତ୍ତି)

ବିଭକ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମ (Properties of Fission Fragments)

u—235ର ବିଭକ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ରାସାୟନିକ ପରୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଦସ୍ତା (Zinc) Z=30ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି Z=62 (ସାମାରିୟମ୍) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଏଥିରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରିଥାନ୍ତି ।

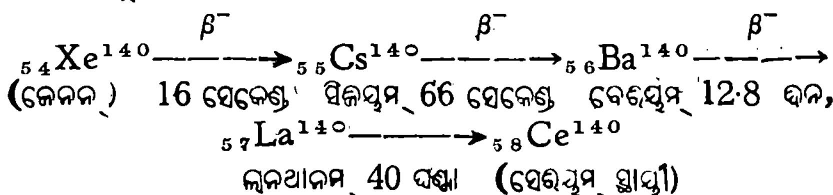
ଏମାନଙ୍କର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା A=72ରୁ ଆରମ୍ଭ କରି A=158 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିସ୍ତୃତ । ବକ୍ର ରେଖାର ବିଶ୍ଳେଷଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ପ୍ରାୟ 10,000 ଉଦାହରଣ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ ଗୋଟିକରେ ବିଭକ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ସହ ସମାନ । ଅନେକ ଉଦାହରଣରେ ହାଲୁକା ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 90ରୁ 100 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଓ ଭାରୀ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକରେ 144ରୁ 134 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବ୍ୟାପ୍ତ ଥାଏ । ଅଧିକ ସମ୍ଭାବ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଭାଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 95 ଓ 139 । ଯଦି ଦୁଇ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ନିଉଟ୍ରନ୍‌କୁ ଗଣନାକୁ ନିଆଯାଏ ତେବେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବିଭାଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ



(ଚିତ୍ର-ନଂ 7—ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା Mass Number)

ସଂଖ୍ୟାର ସମଷ୍ଟି 95+139+2=236 । ଏହି ସଂଖ୍ୟା ମୂଳ ନଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ତଥା ଅଭିକ୍ରିୟା ପ୍ରାରମ୍ଭ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟାର ସମଷ୍ଟି ସହ ସମାନ (235+1)=236

ବିଭକ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ଏକ ମହତ୍ତ୍ୱ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଧର୍ମ ହେଲା ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା । ତାତ୍କାଳିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜନ ପରେ ମଧ୍ୟ ବିଭଜିତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଅତିଭାର (Over Loaded) ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି β-ବିଘଟନ ଘଟାଇଥାନ୍ତି । β-ବିଘଟନରେ ଗାମା କ୍ୱାଣ୍ଟା ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାୟୀ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ବହୁବାର β-ବିଘଟନ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଗୋଟିଏ ଖଣ୍ଡର ପରିଣତି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଉ ।



$${}_{54}Xe^{140} \xrightarrow{\beta^-} {}_{55}Cs^{140} \xrightarrow{\beta^-} {}_{56}Ba^{140} \xrightarrow{\beta^-}$$

(ଜେନନ୍) 16 ସେକେଣ୍ଡ ସିଜିୟମ୍ 66 ସେକେଣ୍ଡ ବେରିୟମ୍ 12·8 ଦିନ,

$${}_{57}La^{140} \longrightarrow {}_{58}Ce^{140}$$

ଲାନଥାନମ୍ 40 ଘଣ୍ଟା (ସେରିୟମ୍ ସ୍ଥାୟୀ)

ବିଭଜନରୁ ମୁକ୍ତ ଶକ୍ତି (Energy Released in Fission) :—

୧ । ବିଭଜନ ଖଣ୍ଡର ବସ୍ତୁତ୍ୱରୁ ଶକ୍ତିର ଅଟକଳ (Estimation of Energy from the Mass of Fission Fragments)

ବିଭିନ୍ନ ପରୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ u-235 ବିଭଜନରୁ ସାଧାରଣତଃ ଯେଉଁ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଅନ୍ତି ସେମାନଙ୍କ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 95 ଓ 139 ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ସମଷ୍ଟି 234 । ଅବଶିଷ୍ଟ 2 ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏକକ (amu), ବିଭଜନ ସମୟରେ ମୁକ୍ତ ଦୁଇଟି ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର । u-235ର ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ 235·124 amu ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ଏହା 1·0089 amu । ସ୍ଥାୟୀ ଆଇସୋଟୋପ 95 ତଥା 139ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ 94·945 ଓ 138·955 amu ଅଟେ । ଅତଏବ Δm (ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅନ୍ତର) $=235{\cdot}124+1{\cdot}0089-94{\cdot}945-138{\cdot}955-2\times1{\cdot}0089=0{\cdot}215$ amu. । ତେଣୁ ଏହି ବିଭଜନରୁ ମୁକ୍ତ ଶକ୍ତି $=0{\cdot}215\times931=200$ Mev. । ଯଦି ବିଭଜନରୁ ମୁକ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହାଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହୁଏ ତେବେ ବିଭିନ୍ନ ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ u-235 ବିଭଜନରୁ ହାରାହାରି 195ରୁ 200 Mev ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

୬ । ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତିରୁ ଶକ୍ତିର ଅଟକଳ
(Estimation of Energyfrom Binding Energy)

ଚିତ୍ର 3 ରେ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୋଇଛି ଯେ u—235ର ନଉକ୍ଲିୟନ୍ ପ୍ରତି ବନ୍ଧନ ଶକ୍ତି ପ୍ରାୟ ~ 7·5 Mev । କିନ୍ତୁ ବିଭକ୍ତ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ (ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା 90ରୁ 100 ଏବଂ 134ରୁ 144) ନିମିତ୍ତ ଏହାର ମାନ 8·35 Mev । ଅତଏବ ବିଭଜନ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତି ନଉକ୍ଲିୟନ୍‌ର ଶକ୍ତି ପ୍ରାୟ 0·85 Mev ବଢ଼ିଥାଏ । ବିଭକ୍ତ ହେଉଥିବା ନଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ନଉକ୍ଲିୟନ୍ ସଂଖ୍ୟାକୁ 0·85 Mevରେ ଗୁଣନ କଲେ 236 × 0·85 = 200 Mev ଶକ୍ତିପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । (u—235 ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ର ଣ କରି u—236 ହୁଏ) ।

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଗଣନାରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ବିଭଜନ ଶକ୍ତି (Fission Energy) ପ୍ରାୟ 200 Mev. କିନ୍ତୁ ସିଧା ସଳଖ ମାପ କଲେ ଏହା 162 Mev ହୁଏ । ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ଗତିଜ ଶକ୍ତି ବ୍ୟତୀତ ଯଦି ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରରେ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୁଏ ତେବେ ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତିରେ ଏହି ବ୍ୟବଧାନ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ।

ବିଭଜନ ଶକ୍ତିର ବଣ୍ଟନ (Distribution of Fission Energy)

ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ଗତିଜଶକ୍ତି (Kinetic energy of fragments) ···	162 Mev.
ବିଭଜନ-ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି (Fission-neutron energy)···	6 ,,
ତାତ୍କାଳିକ ଗାମା ଶକ୍ତି (Prompt-gamma energy)···	6 ,,
ବିଟା କଣିକା ଶକ୍ତି (Beta Particle energy)···	5 ;,
ଗାମା ବିକିରଣ ଶକ୍ତି (Energy of gamma radiation)···	5 ,,
ନିଉଟ୍ରିନୋ ବହନ କରିଥିବା ଶକ୍ତି (Energy carried off by Nutrinos)···	14 ,,
ସମସ୍ତ ବିଭଜନ ଶକ୍ତି·········	198 Mev.

ନିଉଟ୍ରିନୋ (ହାଲୁକା ଗୁରୁତ୍ୱହୀନ କଣିକା) ସାଧାରଣତଃ ପଦାର୍ଥ ସହ କ୍ରିୟା (Interact) କରି ନ ଥାଏ ଏବଂ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱ ମାଧ୍ୟମକୁ ଶକ୍ତି ଦେଇ ନ ଥାଏ । ତେଣୁ ଶେଷୋକ୍ତ 14 Mev ଶକ୍ତି ପ୍ରାୟ ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାଏ । ଅତଏବ ସମସ୍ତ ବିଭଜନ ଶକ୍ତି (198 Mev)ରୁ କେବଳ 184 Mev ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ ପାରେ ।

ଏକ କିଲୋଗ୍ରାମ u—235ର ବିଭଜନରୁ କେତେ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇପାରିବ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ । u—235ର ଏକ ଗ୍ରାମ ପରମାଣୁ (One gram atom)ରେ $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ ପରମାଣୁ ଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ଏକ କିଲୋଗ୍ରାମ u—235ର ସମସ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଶକ୍ତି ।

$$=\frac{1{,}000}{235} \times 6{\cdot}02 \times 10^{23} \times 184 = 4{\cdot}75 \times 10^{26}\text{Mev}$$

$$=1{\cdot}8 \times 10^{10} \text{ କିଲୋ କ୍ୟାଲୋରି}$$

$$\approx 20{,}000 \text{ କିଲୋୱାଟ୍ ଆୱାର୍}$$

ବିଭଜନୀୟ, ଉର୍ବର ପଦାର୍ଥ (Fissile and Fertile materials)

u—235ରେ ବିଭଜନର ସମ୍ଭାବନା ଖୁବ ଅଧିକ, କିନ୍ତୁ u—238ରେ ଏହାର ସମ୍ଭାବନା ଖୁବ୍ କମ୍ । ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ u—238 ଶତକଡ଼ା 99·28 ଭାଗ, u—235 ଶତକଡ଼ା 0·71 ଭାଗ ଓ u—234 ଶତକଡ଼ା 0·01 ଭାଗ ଥାଏ । u—238ର 139ଟି ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ମାତ୍ର ପରମାଣୁ ହେଉଛି u—235 ।

u—238 ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି u—239ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି u—239 ପରମାଣୁ ଅସ୍ଥାୟୀ ଏବଂ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର β—କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି ନେପଚୁନିୟମ୍ —239ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ନୂତନ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟ ଅସ୍ଥାୟୀ ଏବଂ ଆଉ ଏକ β—କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି ଏହା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ —239ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍—239 ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଟେ ଏବଂ ଖୁବ୍ ଧୀରେ ଧୀରେ α—କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାଏ । u—235 ଭଳି pu—239ରେ ମଧ୍ୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭଜନ ସମ୍ଭବ । ତେଣୁ ଏହି pu—239 ଏକ ବିଭଜନୀୟ ପଦାର୍ଥ ।

u—238 ଏକ ଉର୍ବର ପଦାର୍ଥ । କାରଣ ଏଥିରୁ ଏକ ବିଭଜନୀୟ ପଦାର୍ଥ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରେ । ପ୍ରକୃତିରେ ଥୋରିୟମ୍ ଅନ୍ୟ ଏକ ଉର୍ବର ପଦାର୍ଥ, ଏହା ପ୍ରଚୁର ଆଇସୋଟୋପ୍ Th—232 (90 ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ 142 ନିଉଟ୍ରନ୍) । ଥୋରିୟମ୍ —232 ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ଥୋରିୟମ୍—233ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ଥୋରିୟମ୍—233 ଗୋଟିଏ β—କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି ପ୍ରୋଟୋଆକ୍ଟିନିୟମ୍—233ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହା ଆଉ ଏକ β—କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରି u—233ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ନୂତନ ଆଇସୋଟୋପ୍ u—233 ବିଭଜନୀୟ ।

u—238 ଓ Th—232 ଉଭୟେ ଉର୍ବର ପଦାର୍ଥ ଏବଂ ପୃଥିବୀର ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣରେ ମିଳିଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତିରେ କେବଳ ଏକମାତ୍ର ବିଭଜନୀୟ ପଦାର୍ଥ ମିଳିଥାଏ, ତାହା ହେଲା u—235 । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ଏହି u—235ର ଦାନ ଅତୁଳନୀୟ ।

ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ଉପଯୋଗୀ ବିଭଜନ ଗୁଣାଙ୍କ
(Useful Fission Factor of Neutrons)

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ୱାରା ଯେତେଗୁଡ଼ିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସବୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବିଭଜନରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରି ନଥାନ୍ତି । ଯଦି ବିଭଜନର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ (fission cross section) σ_f ହୁଏ ଏବଂ ଅବଶୋଷଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥକାଟ (Absorption cross section) σ_a ହୁଏ ତେବେ ପ୍ରତି ବିଭଜନରେ ପ୍ରାପ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିମ୍ନକ୍ରମେ ବ୍ୟକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

$$\eta=\left[\frac{\sigma_f}{\sigma_a}\right]\upsilon=\left[\frac{\sigma_f}{\sigma_r+\sigma_f}\right]\upsilon$$

। ଏଠାରେ σ_r ଅଭିକ୍ରିୟା ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ
υ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ସଂଖ୍ୟା

ସାରଣୀ—4

ସମ୍ଭାବ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍	υ	σ_f	σ_r	η
$_{92}u^{235}$ ସମ୍ପୃକ୍ତ 100%	2.43	582 ବାରନ୍	101 ବାରନ୍	2.07
$_{92}u^{235}+u^{238}$ ପ୍ରାକୃତିକ	2.47	4.18 ବାରନ୍	3.50 ବାରନ	1.34
$_{92}u^{233}$	2.50	523 ବାରନ୍	57 ବାରନ୍	2.29
$_{94}Pu^{239}$	2.89	742 ବାରନ୍	284 ବାରନ୍	2.08

u—233ର ବିଭଜନ ଖୁବ୍ ଉତ୍ତମ ଉପାୟରେ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍-ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟରରୁ (Breeder Reactor) କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଭାରତରେ $_{90}Th^{232}$ ସର୍ବାପେକ୍ଷା ଅଧିକ ମହଜୁଦ୍ ଅଛି, ତେଣୁ ଭାରତୀୟ

ନିଉକ୍ଲିୟର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଗୁଡ଼ିକରେ u—233 ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ରୁ 1·34 ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହେବାସ୍ଥଳେ ବିଶୁଦ୍ଧ u—235ରୁ 2.07 ନିଉଟ୍ରନ୍ ମିଳିଥାଏ । (ଉପରୋକ୍ତ ସାରଣୀ 4ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି) ଯଦି ୟୁରାନିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକୁ ଶତକଡ଼ା 10 ଭାଗ u—235 ଦ୍ୱାରା ସମୃଦ୍ଧ (Enriched) କରାଯାଏ ତେବେ ଏହାର ମାନ 1.34ରୁ 2.00 କୁ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ଅଧିକାଂଶ ବ୍ୟାବହାରିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ u—235 ଶତକଡ଼ା 10 ଭାଗ ସମୃଦ୍ଧ ହେବା ପରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ଶତକଡ଼ା 100 ଭାଗ ସମୃଦ୍ଧ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ପଡ଼େ ନାହିଁ ।

ବିଭାଜନ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା (The Fission Chain Reaction)

ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ବିଭାଜନ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ମନେକର ୟୁରାନିୟମର ଖୁବ୍ ବଡ଼ ଧାତୁମଳ (Slug) ଅଛି ଏବଂ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ରେ ବିଭାଜନ ହୋଇ 2ଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିର୍ଗତ ହୁଏ । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱୟ ଅନ୍ୟ ଦୁଇଟି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ରେ ବିଭାଜନ କରିବା ଦ୍ୱାରା 4ଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିର୍ଗତ ହୁଏ । ଏହିପରି ବିଭାଜନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ (Fissioning nucleus) ଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ବଢ଼ିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି ।

ଏତାଦୃଶ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା କେତେଗୁଡ଼ିଏ ସୀମିତ ପରିସ୍ଥିତି ମଧ୍ୟରେ ହୋଇଥାଏ । କାରଣ ବିଭାଜନପ୍ରସୂତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ କେବଳ ଯେ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ରେ ବିଭାଜନ କରିଥାନ୍ତି ତାହାନୁହେଁ । ତାଛଡ଼ା ଅନ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ମଧ୍ୟ ଭାଗ ନେଇଥାନ୍ତି । ଏତଦ୍ ବ୍ୟତୀତ ବହୁତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଧାତୁମଳ ମଧ୍ୟଦେଇ ବହିର୍ଗମନ କରିଥାନ୍ତି । ସୁତରାଂ ବିଭାଜନରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ କେତେକ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ରେ ବିଭାଜନ କରିଥାନ୍ତି ।

ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ହାରାହାରି ବିଭକ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ରୁ ଗୋଟିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଏବଂ ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅନ୍ୟ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ବିଭାଜନ ସୃଷ୍ଟି କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥିରୁ ଗୁଣନଗୁଣାଙ୍କ ଜଣାପଡ଼େ ।

ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ (Multiplication Factor) :—

ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟାର କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥିତି (Stage)ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ତାର ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତିର ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାର ଅନୁପାତକୁ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ K କହନ୍ତି । Kର ମାନ 1ରୁ ଅଧିକ ହେବାପରେ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥାଏ । ମନେକର

କୌଣସି ସ୍ଥିତିରେ 100 ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅଛନ୍ତି । ଯଦି K = 1 ହୁଏ ତେବେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତିରେ ମଧ୍ୟ 100 ନିଉଟ୍ରନ୍ ରହିବେ । ଯଦି K = 1·01 ହୁଏ ତେବେ ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ଥିତିରେ $100 \times 1{\cdot}01 = 101$ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଏବଂ ତୃତୀୟ ସ୍ଥିତିରେ $101 \times 1{\cdot}01 = 102$ ନିଉଟ୍ରନ୍ ହେବେ । ଏହିପରି ପରବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତିମାନଙ୍କରେ ମଧ୍ୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବଢ଼ିବାକୁ ଲାଗିବେ । ଯଦି କୌଣସି ଏକ ସ୍ଥିତିରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା n ହୁଏ ତେବେ ପ୍ରତି ପରବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତିରେ ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା n (K − 1) ଅନୁପାତରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ ।

ବିଭଜନରୁ ନିର୍ଗତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ ଅନ୍ୟ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ବିଭଜନ ଆରମ୍ଭ କରିନ ଥାଏ । ପରୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ନୂତନ ନିଉକ୍ଲିୟସର ବିଭଜନ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଅଳ୍ପ ସମୟ τ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କୌଣସି ଅଭିକ୍ରିୟା ହୋଇ ନ ଥାଏ । ଏହି ସମୟ τକୁ ଏକ ନିଉଟ୍ରନ ସ୍ଥିତିର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ (Mean life time) କହନ୍ତି । Δt ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ନିଉଟ୍ରନର ସଂଖ୍ୟା Δn ନିମ୍ନଲିଖିତ ପ୍ରକାରରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

$$\Delta n = n(K-1)\frac{\Delta t}{\tau}$$

ଯଦି ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥା t_0 ରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା n_0 ହୁଏ ତେବେ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ t ପରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା n, ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଇଥାଏ ।

$n = n_0 e^{(K-1)t/\tau}$, ପ୍ରତିସେକେଣ୍ଡରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧି ସହ ବିଭଜନସଂଖ୍ୟା ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଫଳ ସ୍ୱରୂପ ଶକ୍ତି ସ୍ତରରେ (Power level) ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ଘଟିଥାଏ । ଯଦି ବିଭଜନ ଠିକ୍ ସଂଖ୍ୟାରେ ହେଉଥାଏ ତେବେ Kକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରି K = 1 କରାଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତିବୃଦ୍ଧି ବନ୍ଦ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି K < 1 ହୁଏ ତେବେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତି ଗୁଡ଼ିକରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ଏବଂ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ ଚାଲୁ ରଖିବା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇପଡ଼େ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତିସ୍ତର କ୍ରମେ ହ୍ରାସପାଇ ଶୂନ ହୋଇଯାଏ ।

ଶକ୍ତିବୃଦ୍ଧି ନିମିତ୍ତ K > 1 ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରକୃତିରେ ମିଳୁଥିବା ଭାରୀ ମୌଳିକବସ୍ତୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ ୟୁରାନିୟମ୍ ଓ ଥୋରିୟମ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭଜନୀୟ । ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍‌ର ମୁଖ୍ୟତଃ ଦୁଇଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ହେଲେ, u − 235 ଓ u − 238 । ଏମାନଙ୍କର ବିଭଜନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଭିନ୍ନ ଅଟେ । u − 238 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ କେବଳ ଦ୍ରୁତ (Fast) ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭଜିତ ହୋଇଥାଏ (E > 1·1 Mev) । କିନ୍ତୁ

u—235 ଉଭୟ ଦ୍ରୁତ ଓ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜିତ ହୁଏ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି 1·1 Mevରୁ ହ୍ରାସପାଇଲେ ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ u—238 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ବିଭାଜନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଅସମର୍ଥ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ u—235 ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ବିଭାଜନ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ଯେଉଁଥିରେ u—235 ଅଧିକ ଥାଏ ସେଥିରେ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କକୁ 1 ବା ତାଠାରୁ ଅଧିକ କରିବା ସହଜ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଧାତୁମଳ ବଡ଼ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଏ ସବୁ ସମ୍ଭବ ହୁଏ ଏବଂ ଧାତୁମଳରୁ ବହିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଅତି ନଗଣ୍ୟ ହୁଏ ।

ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ ଦୁଇପ୍ରକାର ବିଭାଜନ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ସମ୍ଭବ । ପ୍ରଥମତଃ ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ ଏହାର ଅନ୍ତର୍ବସ୍ତୁ u—235 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ବୃଦ୍ଧି । ଏହାଦ୍ୱାରା u—238 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷିତ ହେଉଥିବା ନିଉଟ୍ରନର ଶତକଡ଼ା ହାର ହ୍ରାସପାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦ୍ରୁତ ତଥା ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରଖାଯାଇ ପାରେ ।

ଦ୍ୱିତୀୟତଃ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ଶକ୍ତି ହ୍ରାସକରି ଯଦି ଏହାର ଗତି କମାଇ ଏହାକୁ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ କରିଯାଇପାରେ ତେବେ ଏହା ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମରେ ବିଭାଜନ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରଖିପାରେ । କାରଣ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ u—238 ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ, ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରିବାର ସମ୍ଭାବନା u—235 ରେ ଅଧିକ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମୁଖ୍ୟତଃ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜନ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହି ଉଭୟ ପ୍ରକାର ବିଧି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଯଦି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କକୁ ଖୁବ୍ ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ $K>>>1$, ତେବେ ଏହା ଏକ ଅନିୟନ୍ତ୍ରିତ ଅଭିକ୍ରିୟା (Un controlled Reaction)ରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଆଣବିକ ବିସ୍ଫୋରଣ (Atomic Explosion) ଘଟାଇଥାଏ । ଏହା ଆଣବିକ ବୋମାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଯଦି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ ଏକ ଅପେକ୍ଷା ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ହୁଏ, ତେବେ ଏହି ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୋଇ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

Physic...
by Profe... ...versity

ଦ୍ୱିତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ

ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ରିଆକ୍ଟର
(Nuclear Reactors)

ନିଉକ୍ଲିୟର ରିଆକ୍ଟର ଏପରି ଏକ ଉପକରଣ (Apparatus) ଅଟେ ଯହିଁରେ ବିଭଜନ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରି ଚାଲୁ ରଖାଯାଇଥାଏ । ରିଆକ୍ଟରରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁମାନଙ୍କର ଗୁଣ ଅନୁସାରେ ରିଆକ୍ଟର ଗୁଡ଼ିକ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ନିମ୍ନରେ ଏହା ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଗଲା ।

ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି ଅନୁସାରେ
(According to Neutron Energy)

୧ । **ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟର** (Fast Reactor) :—ଯେଉଁ ରିଆକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକରେ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭଜନ ହୋଇଥାଏ, ସେଗୁଡ଼ିକୁ ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟର କହନ୍ତି । ଏଥିରେ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ଗତି ହ୍ରାସ ନିମିତ୍ତ କୌଣସି ମନ୍ଦକବସ୍ତୁ (Moderator materials) ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ନଥାଏ । ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ସମୃଦ୍ଧ u – 235 ବା u – 233 ଏବଂ Pu^{239} ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତିସ୍ତର (High Power level)ରେ ଏହା କାମ କରିଥାଏ । ଏହି ରିଆକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଜନକ ବା ପାୱାର ରିଆକ୍ଟର ଭାବେ ଖୁବ୍ ଉପଯୋଗୀ ।

୨ । **ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ରିଆକ୍ଟର** (Intermediate Reactor)

ଯେଉଁ ରିଆକ୍ଟରରେ ମଧ୍ୟଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ସେଗୁଡ଼ିକୁ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ରିଆକ୍ଟର କହନ୍ତି । ଏଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି, ତାପୀୟ ଶକ୍ତିରୁ ଆରମ୍ଭ କରି କିଛି Kev ହୋଇଥାଏ । ନୌକାହାଜ ଇଂଜିନ୍, ବୁଡ଼ାଜାହାଜ ତଥା ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନରେ ଏହି ରିଆକ୍ଟର ଗୁଡ଼ିକ ବିଶେଷ ଉପଯୋଗୀ ।

୩ । ଧୀର ରିଆକ୍ଟର ବା ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟର
(Slow Reactor or Thermal Reactor)

ସାଧାରଣତଃ ଏହି ରିଆକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକ ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ବିଭଜନ ନିମିତ୍ତ ତାପୀୟ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ହାରାହାରି ଶକ୍ତି 0·025 ev । ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଗତି ହ୍ରାସ ନିମିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ ମନ୍ଦକବସ୍ତୁର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇ ଥାଏ । ଭାରତୀୟ ରିଆକ୍ଟର ସମୂହ ଅପସରା (Apsara), ସାଇରସ (CIRUS) ଏବଂ ଜରଲିନା (ZERLINA) ଏହି ରିଆକ୍ଟର ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ।

ରିଆକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହୋଇ ନାମିତ ହୋଇଥାନ୍ତି

ବ୍ୟବହୃତ ଇନ୍ଧନଅନୁସାରେ :—(Accordiug to the Fuel Use)

୧ । ଶତକଡ଼ା 0·72, u—235 ଥାଇ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ।
୨ । ଶତକଡ଼ା 0·72ରୁ ଅଧିକ u—235 ଥାଇ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ।
୩ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍—239 (Pn^{239})
୪ । ୟୁରାନିୟମ୍—233. (u—233)

ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ମନ୍ଦକ ଅନୁସାରେ :—
(According to the moderators)

୧ । ଗ୍ରାଫାଇଟ୍,
୨ । ଜଳ
୩ । ଭାରୀଜଳ (D_2o)
୪ । ବେରିଲିୟମ୍ ବା ବେରିଲିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ଼୍ ।

ଇନ୍ଧନ—ମନ୍ଦକ ସମାବେଶ ଅନୁସାରେ
(According to the Fuel-Moderator Assembly)

୧ । **ବିଷମ ଜାତୀୟ** (Heterogenous) :—ସାଧାରଣତଃ ବିଷମ ଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟର ସମାବେଶ ବହୁଳ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏ ପ୍ରକାର ଡିଜାଇନ୍

(Design) ରେ ଇନ୍ଧନ, ଛଡ, ପ୍ଲେଟ୍ ବା ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ରୂପେ ମନ୍ଦକ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ନିୟମିତ ଭାବେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଗ୍ରାଫାଇଟ୍, ବେରିଲିୟମ ଭଳି ଘନ (Solid) ମନ୍ଦକ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ କ୍ରାନ୍ତିକତା (Criticality) ହୋଇପାରେ । ଏ ପ୍ରକାର ମନ୍ଦକ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ରିଆକ୍‌ଟରର ଆକାର ମଧ୍ୟ କମିଯାଇଥାଏ ।

ସମଜାତୀୟ (Homogenous) :—ଇନ୍ଧନ ଓ ମନ୍ଦକ ସମାନୁପାତରେ ମିଶ୍ରିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ମିଶ୍ରଣ କଠିନ ବା ତରଳ ଦ୍ରବଣ ହୋଇପାରେ ।

ବ୍ୟବହୃତ ଶୀତଳକ ଅନୁସାରେ
(According to the Coolantused)

୧ । ବାୟୁ, କାରବନ ଡ଼ାଇଅକ୍‌ସାଇଡ୍ ବା ହିଲିୟମ୍ ।

୨ । ଜଳ ବା ଅନ୍ୟ ତରଳପଦାର୍ଥ ।

୩ । ତରଳ ଧାତୁ ।

ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ଅନୁସାରେ (The purpose)

୧ । ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ (Research purposes)

୨ । ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁର ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ (Production of Fissile Materials)

୩ । ପାୱାର ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ (Generation of Power)

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ବ୍ରୁକ-ହାଭେନ ଜାତୀୟ ପରୀକ୍ଷାଗାରର ରିଆକ୍‌ଟରକୁ ତାପୀୟ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦକ ବିଷମ ଜାତୀୟ ବାୟୁ ଶୀତଳକ ଗବେଷଣା ରିଆକ୍‌ଟର (Thermal, Natural Uranium, graphite moderated heterogenous, air cooled research reactor) କହନ୍ତି ।

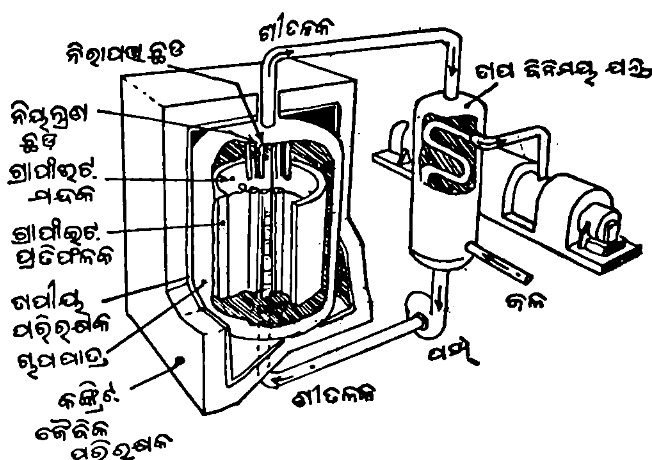
ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାରପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଅଂଗ
(Essentials of a Nuclear Power Plant)

୧ । ରିଆକ୍ଟର କୋର (The Core of the Reactor) :—

ରିଆକ୍ଟର କୋରରେ ଏକ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ସିଲିଣ୍ଡର ଲମ୍ବଭଳି ଦଣ୍ଡାୟମାନ ହୋଇଥାଏ । ନିୟମିତ ରୂପେ ସଜ୍ଜିତ ସରୁନଳୀଗୁଡ଼ିକ (Channels) ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ଲମ୍ବ

ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବେ ଗତି କରିଥାନ୍ତି । କ୍ଷୁଦ୍ର କ୍ଷୁଦ୍ର କୋଷରେ ଇନ୍ଧନ ଛଡ଼ଗୁଡ଼ିକ ଏହି ନଳି ମଧ୍ୟରେ ସଜାଯାଇଥାନ୍ତି । ନିଉଟ୍ରନ ମନ୍ଦକ ବସ୍ତୁରୂପେ, ଭାରିଜଳ ଓ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସମୁଦ୍ର ଯୁଗନିସ୍ଥମରେ ସାଧାରଣ ଜଳ, ନିଉଟ୍ରନର ମନ୍ଦକ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

୨ । **ପ୍ରତିଫଳକ** (The Reflector) :—ରିଆକ୍ଟର ହୋଡ଼ର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏହି ପ୍ରତିଫଳକ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଏହା ଏକ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ର ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର । ହୋଡ଼ ମଧ୍ୟରୁ ବହିର୍ଗତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଏହି ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ପ୍ରତିଫଳକରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ପୁନର୍ବାର ହୋଡ଼ ମଧ୍ୟକୁ ଫେରିଯାଇଥାନ୍ତି । ମନ୍ଦକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକ ଏକ ପ୍ରକାର ବସ୍ତୁରେ ଗଠିତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-୮)

ନଉକ୍ଲିୟର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଅଂଶ
(Essentials of a Nuclear Powerplant)

ଶୀତଳ କରିବା ପଦ୍ଧତି (The cooling system):—

ରିଆକ୍ଟର ହୋଡ଼ରୁ ମୁକ୍ତ ତାପକୁ ବହନ କରିବା କାର୍ଯ୍ୟ ଏ ପଦ୍ଧତିର ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ଏଥିରେ ଥିବା ନଳୀ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଶୀତଳକକୁ (coolant) ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ପଠାଯାଏ । ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତି କଲାବେଳେ ଏହି ଶୀତଳକ ତାପ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ

ଏବଂ ଏହି ତାପକୁ ଅନ୍ୟଏକ ମାଧ୍ୟମକୁ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର (Heat Exchanger) ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରି ପୁନର୍ବାର ରିଆକ୍ଟରକୁ ଫେରିଆସେ । ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଜଳ ଫୁଟି ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ବାଷ୍ପଦ୍ୱାରା ଟରବାଇନ୍ (Turbine) ଚାଲେ । ଗ୍ୟାସ୍, ସାଧାରଣ ଜଳ, ଭାରୀଜଳ ଏବଂ ତରଳ ଧାତୁ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

୪ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପଦ୍ଧତି (The Control System) :— ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ତଥା ଶକ୍ତିର ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାର କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଅଂଶ ମଧ୍ୟରୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ଅନ୍ୟତମ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼, ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶୋଷଣ କ୍ଷମ ଧାତୁ କ୍ୟାଡ଼ମିୟମ ଓ ବୋରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ର ସ୍ଥିତିକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିକ୍ ତଥା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଯାନ୍ତ୍ରିକ (Electro mechanical) ଯନ୍ତ୍ର ଥାନ୍ତି । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଆଉ କେତେକ ନିରାପତ୍ତା ଛଡ଼ (Safety Rods) ଥାନ୍ତି । ଏମାନେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ବ୍ୟତୀତ ସ୍ୱାଧୀନଭାବେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶୋଷଣ କରିଥାନ୍ତି । ଯଦି ରିଆକ୍ଟର ହଠାତ୍ କୌଣସି ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୁଏ ତେବେ ଏହାର ନିରାପତ୍ତା ନିମିତ୍ତ ଏହି ନିରାପତ୍ତା ଛଡ଼ ରିଆକ୍ଟରକୁ ପୂରାପୂରି ଭାବେ ବନ୍ଦ କରିଦିଏ ।

୫ । ପରିରକ୍ଷକ (Protective Shield) :— ବିଭଜନରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେଉଥିବା ବିକିରଣ ତଥା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକର ବିକିରଣରୁ କର୍ମଚାରୀମାନଙ୍କୁ ରକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହି ପରିରକ୍ଷକ ଆବଶ୍ୟକ । ଷ୍ଟିଲ୍ (Steel) ନିର୍ମିତ ତାପୀୟ ପରିରକ୍ଷକ (Thermal shield) ରିଆକ୍ଟରକୁ ପୂରାପୂରି ଘେରି ରହିଥାଏ । ଆଉ ମଧ୍ୟ କଂକ୍ରିଟ୍ ଜୈବିକ ପରିରକ୍ଷକ (Concrete Biological Shield) ଏହି ତାପୀୟ ପରିରକ୍ଷକ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଖୁବ୍ କମ୍ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥ ବାହାର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପହଞ୍ଚିଥାଏ । ତେଣୁ ଏହା ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ପରିରକ୍ଷକ ପ୍ରାୟ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନଗୁଣାଙ୍କ (Neutron Multiplication Factor)

ରିଆକ୍ଟର ହୋଇ ନିର୍ମାଣ ସମୟରେ, ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ K ର ମାନ ଉପରେ 1ରୁ ଅଧିକ ହେବ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଇଥାଏ । ପ୍ରତି ବିଭଜନରେ ହାରାହାରି 2·5 ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ମନେକର କୌଣସି ଏକ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ଯଦି 100ଟି ବିଭଜନ ହୁଏ ତେବେ ଏହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବଣ୍ଟନ ନିମ୍ନକ୍ରମେ ହୋଇଥାଏ ।

100 ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ u^{235}ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ବିଭଜନ ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି ।

250 ତୀବ୍ର ବିଭଜନ-ନିଉଟ୍ରନ୍ କୋଡ଼ରେ ସୃଷ୍ଟି ହୁଅନ୍ତି ।

→20 ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ କୋଡ଼ରୁ ଖସି ପଳାନ୍ତି (Escape)

→90 ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍, ଧୀରହେବା ଅବସ୍ଥାରେ u^{238} ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୁଅନ୍ତି
| (ବିଭଜନ ବ୍ୟତୀତ)

140→ନିଉଟ୍ରନ୍ ମନ୍ଦିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

→10 ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ କୋଡ଼ରୁ ଖସି ପଳାନ୍ତି ।

130 ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ କୋଡ଼ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୁଅନ୍ତି ।

→30 ନିଉଟ୍ରନ୍ u^{235}ରେ (ବିଭଜନ ବ୍ୟତୀତ), ମନ୍ଦକ ଓ ଶୀତଳକ ଇତ୍ୟାଦିରେ
| ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

100 ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ u-235ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ନୂତନ ବିଭଜନ ଘଟାଇଥାନ୍ତି ।

ଅତଏବ ଅଭିକ୍ରିୟା ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଅଭିକ୍ରିୟା ଶେଷରେ ପ୍ରାପ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାସହ ସମାନ । ଏପରି ନିଉଟ୍ରନ୍ ସନ୍ତୁଳନ (Balance) ଦ୍ୱାରା ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଅସୀମ କୋଡ଼ରେ (Infinite Core) ହ୍ରାସ ହେଉଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଅତି ନଗଣ୍ୟ ଅଟେ । ତେଣୁ ସାଧାରଣ ଭାବେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସନ୍ତୁଳନ ଆଲୋଚନା କଲେ, ମନେକର କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟରେ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ n ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷିତ ହୁଅନ୍ତି । ଯଦି ସମସ୍ତ ଅବଶୋଷିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ନୂତନ ବିଭଜନ କରନ୍ତି, ତେବେ ବିଭଜନପରେ nν ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହେବେ । ଏଠାରେ ν, ବିଭଜନରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ତୀବ୍ର

ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାର ମାଧ୍ୟ (Mean) ଅଟେ । (u^{235} ନିମିତ୍ତ $\nu = 2.5 \pm 0.1$), କେତେକ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ u—235 ଓ u—238 ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ମଧ୍ୟ ବିଭଜନ କରନ୍ତି ନାହିଁ । ତେଣୁ νର ପ୍ରଭାବୀ ମାନ (Effective Value) (ଯାହାକୁ η ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ) ଅଳ୍ପଅଟେ । ୟୁରାନିୟମ୍ ସମୃଦ୍ଧ ହେଲେ ηର ମାନ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ ।

ଅତଏବ n ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ର ଅବଶୋଷଣ ହେତୁ $n\eta$ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇ ପରେ ପରେ ଧୀର ହୋଇଥାନ୍ତି । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଧୀର ହେବା କାଳରେ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅତିରିକ୍ତ ୟୁରାନିୟମରେ ବିଭଜନ ଘଟାଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏହା-ଦ୍ୱାରା ଦ୍ୱିତୀୟକ (Secondary) ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାରେ କିଛି ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ତୀବ୍ର ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଅତିରିକ୍ତ ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ϵ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ n ଧୀରନିଉଟ୍ରନ୍ର ଅବଶୋଷଣରୁ $n\eta\epsilon$ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ସମସ୍ତେ ତାପୀୟ ବେଗ ଆହରଣ କରିପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ଧୀର ହେଉଥିବା ଅବସ୍ଥାରେ ବିଭଜନ ବ୍ୟତୀତ ମୁଖ୍ୟତଃ u—238 ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଯଦି ରେଜୋନାନ୍ସ ଉତ୍ସର୍ଜନ ପ୍ରାୟିକତା (Resonance Escape Probability) p ସଙ୍କେତ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ ତେବେ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା $n\eta\epsilon p$ ହେବ । ୟୁରାନିୟମ୍ ବା ମନ୍ଦକ ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷିତ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସେହି ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟରେ ଘୂରି ବୁଲନ୍ତି । ୟୁରାନିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ଗୁଡ଼ିକ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକଙ୍କୁ ଅବଶୋଷଣ କରିଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏହି ଅବଶୋଷଣ ଗୁଣାଙ୍କ f କୁ ତାପୀୟ ଉପଯୋଗିତା ଗୁଣାଙ୍କ (Thermal Utilisation Factor) କହନ୍ତି । ଅଭିକ୍ରିୟା ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଅବଶୋଷିତ n ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ତୁଳନାରେ ବର୍ତ୍ତମାନ ୟୁରାନିୟମ୍ ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷିତ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା $n\eta\epsilon pf$ ଅଟେ ।

ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ K, କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥିତିରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ଓ ତାର ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ ସଂଖ୍ୟାର ଅନୁପାତ ସହିତ ସମାନ ।

$$K = \frac{n\eta\epsilon pf\cdot}{n} = \eta\epsilon pf\cdot$$

ଏହାକୁ "ଚତୁର ଗୁଣାଙ୍କ ସୂତ୍ର" କହନ୍ତି । ଏହି ସୂତ୍ରର ପ୍ରଥମ ଦୁଇ ଗୁଣାଙ୍କ ୟୁରାନିୟମର ଧର୍ମ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରନ୍ତି । ଏବଂ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଦୁଇଗୁଣାଙ୍କ (ୟୁରାନିୟମ୍ ଓ ମନ୍ଦକର ଅନୁପାତ, ୟୁରାନିୟମ ଧାତୁମଳର ଜ୍ୟାମିତିକ ଗଠନ ଓ ମନ୍ଦକ ମଧ୍ୟରେ ସେମାନଙ୍କର

ସଜ୍ଜା, ସଜ, ତଥା ୟୁରାନିୟମ ଓ ମନ୍ଦକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଅବଶୋଷଣ କରୁଥିବା ଅପଦ୍ରବ୍ୟ) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ତିନୋଟି ଅବସ୍ଥା ଉପୁଜିପାରେ ।

(1) ଯଦି $K>1$ ହୁଏ,

ତେବେ ଅଭିକ୍ରିୟା ସ୍ୱୟଂଗ୍ଚାଳିତ ହୁଏ । ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷିତ ହୁଅନ୍ତି ତଦପେକ୍ଷା ଅଧିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏ ପ୍ରକାର ସମାବେଶକୁ ଅତି କ୍ରାନ୍ତିକ (Super Critical) ସମାବେଶ (Assembly) କହନ୍ତି । ଏଥିରେ ଇନ୍ଧନର ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଜାଗରଣ ଦ୍ୱାରା ଅଳ୍ପ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ବହୁ ଶକ୍ତିର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ପରମାଣୁ ବୋମା ନିମିତ୍ତ Kର ମାନ $K>>>1$ ।

(2) ଯଦି $K\approx1$ ହୁଏ,

ଯଦି ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ଅବଶୋଷଣ ହାର, ଉତ୍ପାଦିତ ହାର ସହ ସମାନ ହୁଏ ତେବେ ଏ ପ୍ରକାର ପରିସ୍ଥିତିରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ହୁଏ ନାହିଁ । ଏ ପ୍ରକାର ସମାବେଶ (Assembly) ସ୍ୱୟଂଗ୍ଚାଳିତ ତଥା କ୍ରାନ୍ତିକ (Critical) ଅଟେ । ଶିଳ୍ପ ଓ ଗବେଷଣା କ୍ଷେତ୍ରରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତିର ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ବ୍ୟବହାର ଏହି କ୍ରାନ୍ତିକ ସମାବେଶ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ ।

(3) ଯଦି $K<I$ ହୁଏ

ତେବେ ଅଭିକ୍ରିୟା ସ୍ୱୟଂଗ୍ଚାଳିତ ହୋଇ ନପାରେ । ଉତ୍ପାଦିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଅବଶୋଷିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଅପେକ୍ଷା କମ୍ । ଏ ପ୍ରକାର ସମାବେଶକୁ ନିମ୍ନ କ୍ରାନ୍ତିକ (Sub-Critical) କହନ୍ତି ।

ମନେକର ଅସୀମ ଯୋଡ଼ ନିମିତ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣ ଗୁଣାଙ୍କର ମାନ 1ରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ 1·05 ହେଉ । ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ ନିମିତ୍ତ ηର ମାନ 1·3 । ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ଏବଂ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ଯୋଡ଼ ଅଥବା ଭାରିଜଳ ନିମିତ୍ତ εର ମାନ 1·03 । ଅତଏବ $n\epsilon=$ $1{\cdot}3\times1{\cdot}03=I{\cdot}34$ ତେଣୁ Pfର ମାନ $\frac{1{\cdot}05}{1{\cdot}34}=0{\cdot}78$ ହେବ. p ତଥା f ଉଭୟଙ୍କର ମାନ 1ରୁ କମ୍ ଅଟେ ଏବଂ ଏହା ୟୁରାନିୟମ/ମନ୍ଦକର ଅନୁପାତ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯୋଡ଼ ମଧ୍ୟରେ ୟୁରାନିୟମ୍ ବୃଦ୍ଧି ସହ fର ମାନ ବଢ଼େ କିନ୍ତୁ pର ମାନ ହ୍ରାସ ପାଏ ।

କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକାର (Critical Size)

ବିଭଜନ ନିଉଟ୍ରନ୍, ବିଭଜନ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ହାରାହାରି 10 ସେ.ମି ଗତି କରିଥାଏ । ଯଦି ନମୁନା (Sample)ର ଆକାର ଏହି 10 ସେ.ମିରୁ କମ୍ ହୁଏ, ତେବେ ଅଧିକାଂଶ ବିଭଜନ ନିଉଟ୍ରନ୍, ଆଉ ଏକ ବିଭଜନ ଜରି ଅଧିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ନମୁନାର ପୃଷ୍ଠ (Surface) ଅତିକ୍ରମ କରି ପଳାନ୍ତି । ଯଦି ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁର ଆକାର ଖୁବ୍ କ୍ଷୁଦ୍ର ହୋଇଥାଏ ତେବେ କୌଣସି ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ସମ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ । ଖୁବ୍ ବଡ ବଡ ନମୁନାରେ ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷତି (Loss) ର ଶତକଡ଼ା ହାର କମ୍ ଅଟେ । ତେଣୁ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆକାରର ରିଆକ୍ଟରରେ ବିଭଜନ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପାଦିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା, ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣ (Leakage) ଓ ଅବଶୋଷଣ ଦ୍ୱାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ସହ ଠିକ୍ ସମାନ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଆକାରକୁ କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକାର (Crtical Siz‹) କହନ୍ତି ଏବଂ ଏହା ସେହି ଆକୃତି ଯେଉଁଥିରେ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ ।

ରିଆକ୍ଟରର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆକୃତି ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ । ଯଦି ନିଉଟ୍ରନ୍ ନ ବାହାରିବା (Non-Escape)ର ପ୍ରାୟିକତା P ହୁଏ, ତେବେ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ସର୍ତ୍ତ ହେଲା ।

$$K_{eff} = kP = 1.$$

ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆକାରର କୋର ନିମିତ୍ତ Pର ମାନ ସର୍ବଦା 1ରୁ ଊଣା । ତେଣୁ Kର ମାନ 1ରୁ ସର୍ବଦା ଅଧିକ ହୁଏ । ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ରିଆକ୍ଟରମାନଙ୍କ ନିମିତ୍ତ Kର ମାନ ସର୍ବଦା 1ରୁ ଅଧିକ । ତେଣୁ ସ୍ୱୟଂ-ଚାଳିତ ଅଭିକ୍ରିୟା ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ Pର ମାନ $^1/k$ ଅର୍ଥାତ୍ 1ରୁ କିଛି କମ୍ ହୋଇଥାଏ ।

କୋରର ସବୁ ସ୍ଥାନରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କର ଉତ୍ପତ୍ତି କୋର୍‌ର ଆୟତନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣ (Leakage) କୋର୍‌ର ଏକ ପତଳାସ୍ତର ଦ୍ୱାରା ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ପୃଷ୍ଠ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ (Surface Area) ସହ ସମାନୁପାତୀ, କୌଣସି ବସ୍ତୁର ଆୟତନ ଘନ ଅନୁପାତରେ ବଢ଼ିବା ବେଳେ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଏହାର ରୈଖିକ ବିସ୍ତାରର (Linear Dimension) ବର୍ଗାନୁପାତରେ ବଢିଥାଏ । ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ ବସ୍ତୁର ରୈଖିକ ବିସ୍ତାରର ବୃଦ୍ଧି ସଂଗେ ସଂଗେ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଓ ଆୟତନର ଆନୁପାତ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ଅତଏବ କୋରରୁ କ୍ଷରଣ (Leakage) କମ୍ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବା Pର ମାନ ବୃଦ୍ଧି ନିମିତ୍ତ କୋରର ଆକାର ବୃଦ୍ଧି କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏକ

ସ୍ଥିତିରେ Pର ମାନ ଏପରି ହୁଏ ଯେ Pkର ଗୁଣଫଳ 1ସହ ସମାନ ହୁଏ ଏବଂ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଗ୍ଭଲୁ ରହିପାରେ । ଏହାକୁ କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତି କହନ୍ତି ।

Kର ମାନ ଅଧିକ ହେଲେ Pର ମାନ କମିଯାଏ ଏବଂ କୋର୍‌ର କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତି ମଧ୍ୟ କମ ହୋଇଥାଏ । ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ U—235ର ମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ Kର ମାନ ମଧ୍ୟ ବଢିଥାଏ ଏବଂ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍‌କୁ ଉପଯୋଗ କଲେ ରିଆକ୍‌ଟରର କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତି ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

ଯଦି ପ୍ରତିଫଳକବସ୍ତୁର ଏକସ୍ତର କୋର୍‌ର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଘେରି ରହେ ତେବେ କୋର୍‌ର ଆକାର ମଧ୍ୟ କିଛି ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଯେଉଁ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ କୋର୍‌ରୁ ବାହାରି ପ୍ରତିଫଳକ ମଧ୍ୟକୁ ଗତି କରନ୍ତି, ସେମାନେ ପ୍ରତିଫଳକ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ମାନଙ୍କ ସହ ସଂଘଟନ (Collision) କରନ୍ତି । ପ୍ରତି ସଂଘଟନରେ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ର ଗତିପଥ ବଦଳିଥାଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ କୋର୍ ମଧ୍ୟକୁ ପୁନଃପ୍ରବେଶ କରିଥାନ୍ତି । କେଉଁ କେଉଁ ବସ୍ତୁ ପ୍ରତିଫଳକ ନିମିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ ତାହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ନିମିତ୍ତ କମ୍ ପାରମାଣବିକ ଓଜନ (Low Atomic Weight) ବିଶିଷ୍ଟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଖୁବ୍ ଉତ୍ତମ ପ୍ରତିଫଳକ କାର୍ଯ୍ୟ ଦେଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଭାରୀଜଳ, ବେରିଲିୟମ୍ ବା ଏହାର ଅକ୍‌ସାଇଡ୍ ଏବଂ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ।

କ୍ରାନ୍ତିକ ସମୀକରଣ (The Critical Equation)

କୌଣସି ଏକ ସୀମିତ କ୍ରାନ୍ତିକ ରିଅାକ୍ଟରରେ (Finite Critical Reactor) K—1 ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣ (leakage)କୁ ବୁଝାଇଥାଏ । କାରଣ ପ୍ରତି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷିତ ହେବା ପରେ K ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଗ୍ଭଲୁରଖିବା ନିମିତ୍ତ 1 ନିଉଟ୍ରନ୍ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣ ଦୁଇଟି ଗୁଣାଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ପ୍ରଥମଟି ରିଆକ୍ଟରର ବିସ୍ତାର ଉପରେ ଦ୍ୱିତୀୟଟି (ବିଭଜନ ନିଉଟ୍ରନ୍ ରୂପେ ଏହାର ଜନ୍ମଠାରୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯେଉଁ ଦୂରତ୍ୱ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅତିକ୍ରମ କରିଥାଏ) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି ଦୂରତ୍ୱର ଅଭିଗମନ ଲମ୍ବ (Migration length) ସହ ସମ୍ପର୍କ ଅଛି । ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ଅଭିଗମନ ଦୂରତ୍ୱର ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣର ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଏବଂ ରିଆକ୍ଟରର ଆକାର ବୃଦ୍ଧି ଦ୍ୱାରା ଏହା ହ୍ରାସ ପାଏ । ଯଦି R, ଗୋଲକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବା ଏକ ଘନର ପାର୍ଶ୍ୱ ହୁଏ ଏବଂ M ଅଭିଗମନ ଦୂରତ୍ୱ ହୁଏ ତେବେ ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷରଣ M/R ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ ।

ଏକ ଚାକ୍ରିକ ରିଆକ୍ଟରର ନିମିତ୍ତ

$$K-1 \simeq \frac{bM^2}{R^2}$$

ଅତଏବ $R \simeq \left(\frac{b}{k-1}\right)^{1/2}$ ଏଠାରେ b ରିଆକ୍ଟରର ଆକାରକୁ ବୁଝାଇଥାଏ ।

ରିଆକ୍ଟର ଆକାର ଓ ଏହାର ବିଶେଷତ୍ୱ
(Reactor Size and its Characterstics)

ଗୋଟିଏ ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟର (ଯେଉଁଥିରେ ପ୍ରାୟ ବିଶୁଦ୍ଧ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଥାଏ) ନିମିତ୍ତ Kର ମାନ ପ୍ରାୟ 2 ଏବଂ M ସ୍ଥୂଳତଃ 5ସେ:ମି ବା 2 ଇଞ୍ଚ । ଗୋଲକ ନିମିତ୍ତ bର ମାନ π^2 ଏବଂ ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟରର ଚାକ୍ରିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 15 ସେ:ମି ବା 6 ଇଞ୍ଚ । ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦକରୂପେ ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଲେ Kର ମାନ 1.05 ଏବଂ Mର ମାନ 50 ସେ:ମି ହୋଇଥାଏ, ତେଣୁ ଚାକ୍ରିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପ୍ରାୟ 700 ସେ:ମି ବା 23 ଫୁଟ । ଯଦି ଖୁବ୍ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଧନ ଭାବେ ଏବଂ ସାଧାରଣ ଜଳ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଅନ୍ତି ତେବେ Kର ମାନ 1·5 ଏବଂ Mର ମାନ ପ୍ରାୟ 7 ସେ:ମି ହୁଏ, ସୁତରାଂ ଚାକ୍ରିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପ୍ରାୟ 30 ସେ:ମି ବା 12 ଇଞ୍ଚ ହୋଇଥାଏ । ଏହା ପୂର୍ବ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ପ୍ରାୟ ଅଧା ।

କ୍ଷମତା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ (Power Control)

ରିଆକ୍ଟରର କ୍ଷମତା ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହେଉଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି କଳ୍ପନା କରାଯାଏ ଯେ ରିଆକ୍ଟରର ଡିଜାଇନ୍ ଏପରି ହୋଇଛି ଯେ $K_{eff} > 1$, ତେବେ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ବିଭକ୍ତ ହେଉଥିବା ୟୁରାନିୟମ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ ସଂଖ୍ୟାରେ, ବୃଦ୍ଧି ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ରିଆକ୍ଟରର ଶକ୍ତିରେ ମଧ୍ୟ ତତ୍କ୍ଷଣାତ୍ ବୃଦ୍ଧି ହେବ । ଆବଶ୍ୟକ ଶକ୍ତି ସ୍ତରରେ ପହଞ୍ଚିଗଲା ପରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପରେ $K_{eff} = 1$ ରଖାଯାଏ । ତେଣୁ ଏକଏକକ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଅନ୍ତି, ତତ୍ତୁଲ୍ୟ ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ କ୍ଷୟ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ରିଆକ୍ଟରର ଶକ୍ତି ସ୍ତରରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇ ନଥାଏ ।

ଏହା ଜଣାଅଛି ଯେ $K_{eff} = KP$ ଏଠାରେ Kର ମାନ ରିଆକ୍ଟରର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ଓ Pର ମାନ ଏହାର ଆକାର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ

ରିଆକ୍ଟର ପାଇଁ ଏହି ବୃତ୍ତିର ମାନ ସର୍ବଦା ସ୍ଥିର ଥାଏ । ସୁତରାଂ K_{eff} ମାନକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଅନ୍ୟ ଏକ ଅତିରିକ୍ତ ବସ୍ତୁ ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ରିଆକ୍ଟରରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଛଡ଼ ଗୁଡ଼ିକ ମିଶ୍ରଧାତୁରୁ (ସାଧାରଣତଃ କାଡମିୟମ ବା ବୋରନ୍, ଯେଉଁମାନେ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକୁ ଶୀଘ୍ର ଅବଶୋଷିତ କରିଥାନ୍ତି) ନିର୍ମିତ । ଯଦି ଏପରି ଏକ ଛଡ଼ ରିଆକ୍ଟରର କୋର ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ, ତେବେ ହ୍ରାସ ପାଉଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟାରେ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ, କାରଣ ଏହି ଛଡ଼ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରିଥାଏ । ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ P ର ମାନ ହ୍ରାସ ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ K_{eff} ର ମାନମଧ୍ୟ ତଦନୁରୂପ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରାଇ ଏପରି ରଖାଯାଏ ଯେପରି $K_{eff} = 1$ । ଅତ୍ୟଧିକ ଅଭ୍ୟନ୍ତରକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଇଲେ K_{eff} ର ମାନ 1ରୁ ହ୍ରାସପାଏ ଏବଂ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ହ୍ରାସ ପାଇ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବନ୍ଦ ହୋଇଆସେ ।

ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ପ୍ରବେଶ କରାଇବା ଦ୍ୱାରା ଏହା କେବଳ K_{eff} ର ମାନକୁ ହ୍ରାସ କରାଇଥାଏ । ଖୁବ ଉତ୍ତମଭାବେ ଡିଜାଇନ୍ କରାଯାଇଥିବା ରିଆକ୍ଟର୍‌ରେ ଯଦି ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ପୂରାପୂରି ବାହାରେ ରଖାଯାଏ ତେବେ $K_{eff} > 1$, ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥିତିରେ $K_{eff} = 1$ ଏବଂ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରବେଶ କରାଇବା ପରେ $K_{eff} < 1$ ହୁଏ । $K_{eff} - 1$ର ମାନକୁ ଅତିରିକ୍ତ ଗୁଣନ ଗୁଣାଙ୍କ (Excess Multiplication Factor) କହନ୍ତି ଏବଂ $\frac{K_{eff} - 1}{K_{eff}} = \rho$କୁ ରିଆକ୍ଟର୍‌ର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କ୍ଷମତା (Reactor Reactivity) କହନ୍ତି । ବ୍ୟାବହାରିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ K_{eff} ର ମାନ 1ର ଖୁବ୍ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଅଟେ । ତେଣୁ $\rho \approx K_{eff} - 1 = K_{excess}$. କ୍ରାନ୍ତିକ ଅବସ୍ଥାରେ $\rho = 0$ । ଯଦି $\rho > 0$ ହୁଏ ତେବେ ରିଆକ୍ଟରକୁ ଅତି କ୍ରାନ୍ତିକ କହନ୍ତି । ଯଦି $\rho < 0$, ତେବେ ରିଆକ୍ଟରକୁ ନିମ୍ନ କ୍ରାନ୍ତିକ କହନ୍ତି ।

ରିଆକ୍ଟର୍ ଶକ୍ତି ନିମ୍ନ କ୍ରମେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇଥାଏ, ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ କିଛି ବାହାରେ ରଖିବା ଦ୍ୱାରା $\rho > 0$ ହୁଏ ଏବଂ ରିଆକ୍ଟର୍ ଶକ୍ତିରେ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ । ଆବଶ୍ୟକ ଶକ୍ତି ସ୍ତରରେ ପହଞ୍ଚିବା ପରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ କୋର ଅଭ୍ୟନ୍ତରକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା $\rho = 0$ ଏବଂ ଶକ୍ତିରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । ତତ୍ପରେ ରିଆକ୍ଟର୍ ଶକ୍ତିର ବୃଦ୍ଧି ବା ହ୍ରାସ ନିମିତ୍ତ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ବାହାରେ ବା ଭିତରେ ରଖି ρର ମାନକୁ ଶୂନ୍ୟରୁ ଅଧିକ ବା କମ୍ କରିଦିଆଯାଏ । ନୂତନ ଶକ୍ତିସ୍ତରକୁ

ପହଞ୍ଚିବା ପରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ପୁନର୍ବାର ଟାଣି ନିଆଯାଏ ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା $\rho=0$ । ରିଆକ୍ଟର ଅଭିକ୍ରିୟା ବନ୍ଦ କରିବା ନିମିତ୍ତ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ କୋର୍‌ର ଖୁବ୍ ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଭର୍ତ୍ତି ଦିଆଯାଏ । କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଶକ୍ତି ହ୍ରାସପାଇ ଶୂନ ହୋଇଥାଏ ।

ନିୟନ୍ତ୍ରଣଛଡ ବ୍ୟତୀତ ବିଳମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ରିଆକ୍ଟର୍ ଶକ୍ତି ନିୟନ୍ତ୍ରଣରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି ।

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ରିଆକ୍ଟର୍ ନିର୍ମାଣ ବେଳେ ଏଥିରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଥାଏ । ସେମାନେ ମୁଖ୍ୟତଃ 3 ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ।

୧ । ସ୍ଥୂଳ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ (Coarse Control Rod) :—ରିଆକ୍ଟର୍ କ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ଓ ବନ୍ଦ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

୨ । ସୂକ୍ଷ୍ମ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ (Fine Control Rod) :—ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ସ୍ତର ମେଣ୍ଟାଇବାକୁ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

୩ । ନିରାପତ୍ତା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ (Safety Control Rod) :—ଅତି ଜରୁରୀ ଅବସ୍ଥାରେ ଯଦି ହଠାତ୍ ରିଆକ୍ଟରକୁ ବନ୍ଦ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ, ତେବେ ଏମାନେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଅନ୍ତି ।

ସ୍ଥୂଳ ଓ ନିରାପତ୍ତା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ଏକ ପ୍ରକାର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣକାରୀ ବସ୍ତୁରେ ନିର୍ମିତ । ଏ ଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚୁମ୍ବକ (Electromagnet) ଦ୍ୱାରା ଚାଳିତ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏମାନଙ୍କର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ନିମିତ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ମୋଟର (Electric Motor) ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଛି । ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏମାନଙ୍କର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ । ବେଳେ ବେଳେ କର୍ମଚାରୀମାନେ ଏମାନଙ୍କୁ ଚାଳୁ କରିବା ଦାୟିତ୍ୱ ନେଇଥାନ୍ତି ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ (Nuclear Fuel)

ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ (Primary Nuclear Fuel) :—

ଯେତେଗୁଡ଼ିଏ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଦେଖାଯାନ୍ତି, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କେବଳ u–235 ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭକ୍ତ ହୋଇ ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍

ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ । ଏହି u—235 ଆଇସୋଟୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ପୃଥିବୀର ପ୍ରଥମ ଚେନ ରିଆକ୍ସନ୍ ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରିଥିଲା । ସୁତରାଂ ଏହି u—235କୁ ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ କହନ୍ତି ।

ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ (Secondary Nuclear Fuel)

ପୂର୍ବରୁ ବିଭଜନୀୟ, ଉର୍ବର ବସ୍ତୁ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି । Pu^{239} ଓ u^{233} ପ୍ରକୃତିରେ ମିଳି ନଥାନ୍ତି । ସେମାନେ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି; ଏବଂ ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଏମାନଙ୍କୁ ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ କହନ୍ତି ।

ପ୍ରଜନନ (Breeding) :—ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନର ଜାରଣ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ଯଥା Pu^{239} ଓ u^{233} ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ପରମାଣୁ ଓ ବ୍ୟବହୃତ ପ୍ରାଥମିକ ଇନ୍ଧନ ପରମାଣୁର ଅନୁପାତକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ (Conversion Ratio) କହନ୍ତି । ୟୁରାନିୟମ ଓ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ରିଆକ୍ଟର୍‌ରେ ପ୍ରତି u—235 ପରମାଣୁର ବିଭଜନରୁ 0·9 Pu^{239} ପରମାଣୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଏଣୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ 0·9 ଅଟେ । କୌଣସି କୌଣସି ରିଆକ୍ଟର୍‌କୁ ଏପରି ନିର୍ମାଣ କରାଯାଇଥାଏ ଯେ ଏହି ଅନୁପାତ 1 ବା ତଦୂର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ହୋଇଥାଏ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ମନ୍ଦକ ଓ ରିଆକ୍ଟର୍‌ର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶ ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ କମ୍ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ପ୍ରତି ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ଏକ ବା ଏକାଧିକ ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଯେଉଁ ରିଆକ୍ଟର୍ ନିମିତ୍ତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ 1ରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ତାକୁ ପ୍ରଜନକ (Breeder) କହନ୍ତି ।

ଯଦି ରିଆକ୍ଟରରେ u—238 ମିଶ୍ରିତ ୟୁରାନିୟମ୍ (ପ୍ରାକୃତିକ ଅଥବା ଆଂଶିକ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍) ର ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ ତେବେ ରିଆକ୍ଟର କୋଡ଼ରେ ପ୍ରଜନନ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି କୋଡ ବିଶୁଦ୍ଧ u—235 ଦ୍ୱାରା ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଏକ ବିଶେଷ ପ୍ରକାରର ପ୍ରଜନକ ଆବରଣୀ (Breeding Blanket) ଏହାର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଘେରାଇ ଦିଆଯାଏ । ଏହି ଆବରଣୀରେ u—238 ଓ Th^{232} ଥାନ୍ତି ଏବଂ କୋଡ଼ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକୁ ଏମାନେ ଅବଶୋଷିତ କରି ଯଥାକ୍ରମେ Pu^{239} ଓ u^{233} ଦ୍ୱିତୀୟକ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥାନ୍ତି । ଏହି ନୂତନ ଇନ୍ଧନକୁ ଆବର୍ତ୍ତି ରୂପେ (Periodically) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଅଥବା ଏହାକୁ ବାହାର କରି ସେହି ରିଆକ୍ଟରରେ ବା ଅନ୍ୟ କୌଣସି ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ ।

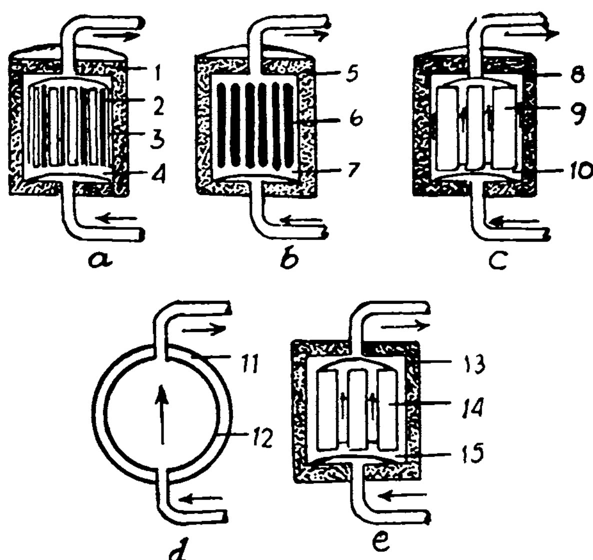
ଏଥିରୁ ସହଜରେ ଅନୁମେୟ, ଯେଉଁ ରିଆକ୍ଟରରେ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ ଏକ ବା ଏକାଧିକ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବ୍ୟବହୃତ U—235 ବା Th^{232}କୁ ପୁନର୍ବାର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତେବେ ଏହା ଅନନ୍ତକାଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରିବ । କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏପରି ହୋଇ ନଥାଏ । ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହେବା ସମୟରେ ୟୁରାନିୟମ୍ ବିଭଜନରୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ବ୍ୟତୀତ ଆଉ କେତେକ ଖଣ୍ଡ ଧାତୁମଳ ରୂପେ ଏକତ୍ର ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ଧାତୁମଳ ଗୁଡ଼ିକ କ୍ଷତି କାରକ ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକାଂଶ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରିଥାନ୍ତି । କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଧାତୁମଳ ଏକତ୍ର ହେବା ଦ୍ୱାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟି ରିଆକ୍ଟରର ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇ ପ୍ରାୟତଃ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । ଏପରି ସ୍ଥିତିରେ ଇନ୍ଧନର ଅଧିକ ଉପଯୋଗ ହୋଇ ପାରେ ନାହିଁ ।

ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ (Heat Transfer)—

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ଶକ୍ତି ତାପୀୟ ଶକ୍ତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ସମ ଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟରରେ ଏହାର ଅଧିକାଂଶ ଭାଗ ରିଆକ୍ଟର କୋଡରୁ ତଥା ବିଷମ ଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟରରେ ୟୁରାନିୟମ ଛଡ଼ରୁ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ୟୁରାନିୟମ୍‌ରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପ ମାତ୍ରା ପ୍ରାୟ ପ୍ରତି ଘନ ସେ.ମି. ପ୍ରତି ବହୁ ସହସ୍ର ଓ୍ୱାଟ୍ । ସୁତରାଂ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ତଥା ରିଆକ୍ଟରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପୀୟ ଶକ୍ତିକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିରେ ଅଥବା ତାର ସମକକ୍ଷ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଶକ୍ତିରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବା ଏକ ସମସ୍ୟା ହୋଇପଡ଼େ ।

ଆଜିକାଲି ରିଆକ୍ଟରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପୀୟ ଶକ୍ତିର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ କେବଳ ଏକମାତ୍ର ଉପାୟରେ କରାଯାଇଥାଏ । ରିଆକ୍ଟରରୁ ଏହାକୁ ବାଷ୍ପ ବଏଲର (Steam Boiler)କୁ ପଠାଯାଏ । ସେଠାରେ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଖୁବ୍ ସୁବିଧାଜନକ ଉପାୟରେ ହୋଇଥାଏ । ବଏଲରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ବାଷ୍ପଦ୍ୱାରା ଟର୍ବାଇନ୍ (Turbine) ଚାଲେ ଏବଂ ଏହି ଟରବାଇନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଜେନେରେଟର୍ (Electric Generator) ଚାଲିଥାଏ । ବିଭଜନ ଶକ୍ତିକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରଥମ ପଦକ୍ଷେପ ହେଲା ରିଆକ୍ଟରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପୀୟ ଶକ୍ତିକୁ ବାଷ୍ପୀୟ ବଏଲରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ।

ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ସାଧାରଣତଃ ୫ ପ୍ରକାର ବିଧି ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସି ଗୋଟିଏ ବିଧି ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । ନିମ୍ନଲିଖିତ ଚିତ୍ରଗୁଡ଼ିକରୁ ସେଗୁଡ଼ିକ ସୁସ୍ପଷ୍ଟ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-୨)

(a) ବିଷମଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟର, ଇନ୍ଧନ ଓ ମନ୍ଦକ କଠିନ ବସ୍ତୁ ଅଟନ୍ତି ।

1—ପ୍ରତିଫଳକ (Reflector)

2—ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ୟୁରାନିୟମ୍ ଛଡ଼ (Uranium Rods in Tubes)

3—କଠିନ ମନ୍ଦକ (Solid Moderator)

4—ଗ୍ୟାସ୍ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଶୀତଳକ (Coolant, Gas or Liquid)

(b) ବିଷମଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟର :—ଇନ୍ଧନ (କଠିନ) । ସଂଚଳିତ ଶୀତଳକ (ମନ୍ଦକ) (Circulating Coolant Moderator)

1—ପ୍ରତିଫଳକ ।

2—ଜାକେଟ ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ୟୁରାନିୟମ୍ ଛଡ଼ ।

3 —ମନ୍ଦକ (ତରଳ ଶୀତଳକ) ।

(c) ବିଷମଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟର :—କଠିଣ ମନ୍ଦକ-ଇନ୍ଧନ (ସଂଚଳିତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ)

1—ପ୍ରତିଫଳକ ।

2—କଠିନ ମନ୍ଦକ ।

3—ତରଳ ଇନ୍ଧନ ।

(d) ସମଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟର :—ସଂଚଳିତ ତରଳପଦାର୍ଥ (ମନ୍ଦକ ଓ ଇନ୍ଧନର ମିଶ୍ରଣ)

1—ପ୍ରତିଫଳକ ।

2—ତରଳ ୟୁରାନିୟମ-ମନ୍ଦକ ମିଶ୍ରଣ ।

(e) ସମଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟର :—ୟୁରାନିୟମ-ମନ୍ଦକ ମିଶ୍ରଣ (କଠିଣ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ)

1—ପ୍ରତିଫଳକ ।

2—ୟୁରାନିୟମ-ମନ୍ଦକ ମିଶ୍ରଣ (କଠିଣ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ)

3—ଶୀତଳକ (ଗ୍ୟାସ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ)

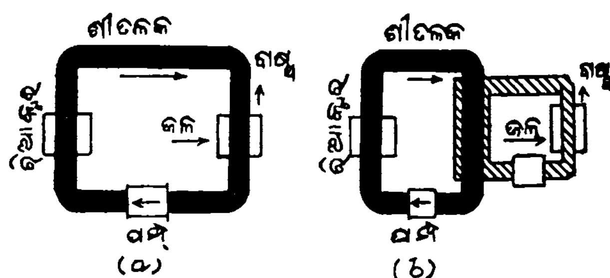
ବିଷମଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟରରେ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ତିନିପ୍ରକାର ହୋଇଥାଏ । ଏହା ଚିତ୍ର-୨ (a), (b), (c) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଚିତ୍ର ୯ (a) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ବିଧିର ବ୍ୟବହାର କେବଳ କଠିଣ ନଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ତଥା କଠିଣ ମନ୍ଦକରେ ହୋଇଥାଏ । ୟୁରାନିୟମ ଛଡ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ନିର୍ମିତ ନଳୀ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ତରଳ ବା ଗ୍ୟାସ ଶୀତଳକ ଗତି କରେ । ଚିତ୍ର ୯ (b) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ବିଧି କଠିଣ ନଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ନିମିତ୍ତ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ । ଏଥିରେ ତରଳ ମନ୍ଦକ ଏବଂ ଶୀତଳକ ଏକ ସଙ୍ଗେ ରହିଥାନ୍ତି । ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରୁଥିବା ପଦାର୍ଥର ସଂଚିତ ତାପ. ବାହ୍ୟ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ବାଷ୍ପ ବଏଲରକୁ ଦିଆଯାଏ । ଚିତ୍ର ୯ (c) ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ବିଧି ତରଳ ନଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ଓ କଠିଣ ମନ୍ଦକ ନିମିତ୍ତ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ । ଏଥିରେ ତରଳ ନଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ, ମନ୍ଦକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ସଂଚଳିତ ହୋଇଥାଏ । ଉତ୍ତପ୍ତ ଇନ୍ଧନ, ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତିକରି ରିଆକ୍ଟରକୁ ଫେରିଆସେ । ଏପରି ରିଆକ୍ଟରରେ କୋଡ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଇନ୍ଧନ ଦ୍ୱାରା ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରଖାଯାଏ । କୋଡର ଇନ୍ଧନ, ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଗତି କରିବା ପରେ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରଖିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ, ବରଂ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ବସ୍ତୁଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଏ ପ୍ରକାର ରିଆକ୍ଟରରେ ମଧ୍ୟ ମନ୍ଦକକୁ ବାୟୁ ଦ୍ୱାରା ଶୀତଳ କରାଯାଏ ।

ସମଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ବିଧି ସମ୍ଭବ ଏହା ଚିତ୍ର ୯ (d), (e)ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଚିତ୍ର ୯ (d)ରେ ତାପ ଉତ୍ସ ଓ ଶୀତଳକ ଏକ ତରଳ ମିଶ୍ରଣ ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଏହା ଗତି କରିଥାଏ । କୋଡ଼ ଓ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ନଳୀର ଆକୃତି ଏପରି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେପରି ଇନ୍ଧନ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରିବା ପରେ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ସଂଘଟିତ ନ ହେବ ।

ଚିତ୍ର ୯ (e)—କୋର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ନଳୀଗୁଡ଼ିକରେ ଶୀତଳକ ସଂଚଳିତ ହୁଏ ଏବଂ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ଯଥାସ୍ଥାନରେ ଥାଏ ।

ଶୀତଳକରେ ସଂଚିତ ତାପ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ଭାବେ ବା ପରୋକ୍ଷଭାବେ ବଏଲରକୁ ଦିଆଯାଏ । ଶୀତଳକ, ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ଗତି କଲାବେଳେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହେବା ନ ହେବା ଉଭୟେ ସମ୍ଭବ । ତେଣୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ପ୍ରଣାଳୀର ଗଠନ ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିଥାଏ । ବିଶୁଦ୍ଧ ଲବଣ-ମୁକ୍ତ ଜଳ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କଲାବେଳେ କେତେକ ମାତ୍ରାରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଆହରଣ କରିଥାଏ । ହାଲୁକା ଉଦ୍‌ଜାନ ନିଉଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ସ୍ଥାୟୀ ଭାରୀ ଉଦ୍‌ଜାନରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ପ୍ରାକୃତିକ ଜଳରେ ଭାରୀ ଉଦ୍‌ଜାନ ଖୁବ୍ କମ୍ ପରିମାଣରେ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ହାଲୁକା ଉଦ୍‌ଜାନରୁ ଗଠିତ । ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅତି ଭାରୀ ଉଦ୍‌ଜାନ ବା ଟ୍ରାଇଟିୟମରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଟ୍ରାଇଟିୟମ କମ୍ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ β-କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ । ଜଳ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଏହା ପ୍ରବେଶ କରିପାରେ ନାହିଁ, ତେଣୁ ଏହା କ୍ଷତି ହୋଇ ନଥାଏ । ପ୍ରାକୃତିକ ଅମ୍ଳଜାନରେ ତିନୋଟି ଆଇସୋଟୋପ ଦେଖାଯାଏ ଯଥା O^{16}, O^{17} ଓ O^{18} ଏବଂ ଏମାନେ ଯଥାକ୍ରମେ ଶତକଡ଼ା 99·76, 0·04 ଓ 0·20 ଭାଗ । ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରଥମ ଦୁଇଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ସ୍ଥାୟୀ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ତୃତୀୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ O^{19}ର ଆୟୁକାଳ ଖୁବ୍ ଅଳ୍ପ ଏବଂ ଏହା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଟେ । ଟ୍ରାଇଟିୟମ ଭଳି ଏହା β-କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ ଏବଂ ନଳୀ କାନ୍ଥ ଭେଦ କରିପାରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ $O^{16}(n,p)\ N^{16}$ ଅଭିକ୍ରିୟାରୁ N^{16} ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହା ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି ସମ୍ପନ୍ନ β-କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଅଳ୍ପ ଆୟୁକାଳ ହେତୁ ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା କୌଣସି କ୍ଷତିକର ନ ଥାଏ ।

ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ବିଭିନ୍ନ ଅଶୁଦ୍ଧ ଲବଣ ଉପସ୍ଥିତ ଥିଲେ ତୀବ୍ର ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ γ-ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜନ କରୁଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଗଠିତ ହୁଏ । ଅଶୁଦ୍ଧ ଲବଣର ମାତ୍ରା କମ୍ ହେଲେ ଜଳରେ γ-ରଶ୍ମିର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ରିଆକ୍ଟରରୁ ବାଷ୍ପ ବଏଲରକୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଜଳ ବ୍ୟବହୃତ ହେଲେ କେବଳ ଏକମାତ୍ର ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଆବଶ୍ୟକ । ଚିତ୍ର ୧୦ (a) ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବାଷ୍ପ ବଏଲର ନିକଟକୁ ଯାଇ ଏହାର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇପାରେ । ବଏଲରରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ବାଷ୍ପ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନୁହେଁ; କାରଣ ଏହି ଜଳ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରି ନଥାଏ । ତେଣୁ ବାଷ୍ପ ଟର୍ବାଇନକୁ ଚାଲୁ ରଖିବା ପାଇଁ କୌଣସି ବିପତ୍ତି ନଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-10)

କିନ୍ତୁ ଯଦି ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମକୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ଭାବେ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ ତେବେ ଏପରି ହୋଇ ନଥାଏ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ସୋଡ଼ିୟମ, ତେଜସ୍କ୍ରିୟ Na^{24} ଆଇସୋଟୋପ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇ β-କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ γ-ରଶ୍ମି ମଧ୍ୟ ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାଏ । କର୍ମଚାରୀମାନଙ୍କ ସୁବିଧା ନିମିତ୍ତ ଦୁଇଟି ବାଷ୍ପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଆବଶ୍ୟକ । ଚିତ୍ର ୧୦ (b)ରୁ ଏହା ସୁସ୍ପଷ୍ଟ । ପ୍ରଥମ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଶୀତଳକ ଥିବାରୁ ଏହାକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରିହେବ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଦ୍ୱିତୀୟ ଶୀତଳକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନୁହେଁ କାରଣ ଏହା ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରିନାହିଁ । ଏହି ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରର କିଛି ଅଂଶ ବ୍ୟତୀତ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶଗୁଡ଼ିକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରିହେବ । ବାଷ୍ପ ବଏଲରକୁ ମଧ୍ୟ ସ୍ପର୍ଶ କରି କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

ବିକିରଣ ରକ୍ଷଣ (Radiation Protection)

ତୀବ୍ର ଗାମା ବିକିରଣରୁ କର୍ମଚାରୀମାନଙ୍କୁ ରକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟାଳୟ ତଥା ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିକିରଣ ତୀବ୍ରତା ସହନଶୀଳ ସୀମାକୁ କମାଇ ଦିଆଯାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ କର୍ମଚାରୀ ଉପରେ କେଉଁ ପରିମାଣର ବିକିରଣ ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିଥାଏ ତାର ମାତ୍ରା ଜ୍ଞାତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଫଟୋଫଳକ (Tab) ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ରିଆକ୍ଟର ତଥା ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକୁ ବିକିରଣ ପରିରକ୍ଷକ ଦ୍ୱାରା ଢାଙ୍କି ଦିଆଯାଏ । ପ୍ରତି କର୍ମଚାରୀ ସହ ମାତ୍ରାମାପୀ (Dosimeter) ଯନ୍ତ୍ର ଥିବାରୁ ଏହା ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ମାପ କରିଥାଏ ।

ଶରୀର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ଗାମାରଶ୍ମି ଅଣୁଗୁଡ଼ିକର ଆୟନୀକରଣ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ପରମାଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ରାସାୟନିକ ବନ୍ଧନକୁ ଛିନ୍ନ କରିଦିଏ । ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ

ଶରୀରର ବିଭିନ୍ନ ଗୁଡ଼ିଏ ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ପଦାର୍ଥର ଅପଘଟନ (Decomposition) ହୋଇଥାଏ । ତୀବ୍ର ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ଶରୀରରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ରୋଗକୁ ବିକିରଣ ରୋଗ (Radiation Sickness) କହନ୍ତି । ଗାମା ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ରଂଜନ (Roentgen) (γ) ଏକକ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶିତ, 1 ରଂଜନ ଗାମା ବିକିରଣର ସେ ମାତ୍ରା ଅଟେ, ଯଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଗ୍ରାମ୍ ତନ୍ତୁରେ 93 ଅର୍ଗ୍ ଶକ୍ତିର ଅବଶୋଷଣ ହୋଇପାରିବ ।

ପ୍ରତି କାର୍ଯ୍ୟ ଦିବସରେ ଯଦି 0·05 γ ଗାମା ବିକିରଣ ଶରୀର ଉପରେ ପଡ଼େ ତେବେ ଶରୀରର କିଛି କ୍ଷତି ହୁଏ ନାହିଁ । ଶରୀରର ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ଅବୟବ (ଯଥା ହାତ, ଗୋଡ଼) ଯଦି ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ସମୟ ପାଇଁ ଗାମା ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କରନ୍ତି ତେବେ ଗ୍ରହଣ କରିଥିବା ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ଅଧିକ ହୋଇପାରେ, କିନ୍ତୁ ସମଗ୍ର ଶରୀର ପାଇଁ ଏହି ମାତ୍ରା 0·05 γ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି କୌଣସି କର୍ମଚାରୀ କୌଣସି ଦିନ ଅଧିକ ମାତ୍ରାର ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କରିଥାନ୍ତି, ତେବେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଦିନ କମ୍ ମାତ୍ରାରେ ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କରିବା ଉଚିତ୍, ଯେପରି ସପ୍ତାହର ହାରାହାରି ବିକିରଣ ହାର ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହାରଠାରୁ ଅଧିକ ନହୁଏ । କୌଣସି ପରିସ୍ଥିତିରେ ଏକାଥରେ 10 ରଂଜନ ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କରିବା ଉଚିତ ନୁହେଁ, କାରଣ ତତ୍ପରେ ବିଶ୍ରାମ ନେଲେ ମଧ୍ୟ କ୍ଷତି ପୂରଣ ନ ହୋଇ ବିକିରଣ ରୋଗର ଲକ୍ଷଣ ଦେଖାଦିଏ । ଯଦି ପୂର୍ଣ୍ଣ ଶରୀର ଉପରେ 400 γର ପ୍ରଭାବ ପଡ଼େ ତେବେ ଶତକଡ଼ା 50 ଜଣଙ୍କର ପ୍ରାଣ ହାନିର ସମ୍ଭାବନା, କିନ୍ତୁ ଯଦି ଏହା 600 γ ହୁଏ ତେବେ ଶତକଡ଼ା 100 ଜଣ ମୃତ୍ୟୁ ବରଣ କରିଥାନ୍ତି ।

ତୃତୀୟ ଅଧ୍ୟାୟ

ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର ନିମନ୍ତେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପଦାର୍ଥ
(Material Requirements for Nuclear Reactor)

ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର କାର୍ଯ୍ୟ ତଥା ନିଉକ୍ଲିୟାର ଧର୍ମ ଉପରେ ଭିତ୍ତି କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକ ବଛାଯାଇ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଅତ୍ୟଧିକ ତାପ ଏବଂ ତୀବ୍ର ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ପଦାର୍ଥ ଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକରେ କେଉଁ ପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ତାହା ମଧ୍ୟ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଯାଇଥାଏ । ଏ ସବୁକୁ ଦୃଷ୍ଟି ସମ୍ମୁଖରେ ରଖି ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକୁ ନିର୍ମାଣ କରାଯାଏ । ବିକିରଣ ଜନିତ ପ୍ରଭାବକୁ ବିକିରଣ କ୍ଷତ (Radiation Damage) କହନ୍ତି । ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟରରେ ସର୍ବାଧିକ ବିକିରଣ କ୍ଷତ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ତଥା ଗାମା କ୍ୱାଣ୍ଟା ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । ବିକିରଣ ପ୍ରଭାବରେ ଜଳ ଉଦ୍‌ଜାନ ତଥା ଅମ୍ଳଜାନରେ ପୃଥକ୍ ପୃଥକ ହୋଇଥାଏ । ସ୍ୱଚ୍ଛ ପଦାର୍ଥ ରଙ୍ଗଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ-ରୋଧୀ, ସୁପରିବାହୀ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଧାତୁ ଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି କ୍ଷୀଣ ହୋଇଥାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକୁ ଦୃଷ୍ଟି ସମ୍ମୁଖରେ ରଖି ରିଆକ୍ଟର ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକର ଆଲୋଚନା କରିବା ।

ଇନ୍ଧନ (Fuel) :—ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନର ଏପରି ଧର୍ମ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରହିପାରିବ । ଯଦିଓ ପ୍ରାକୃତିକ ତଥା ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଅନ୍ତି ତଥାପି ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଓ କୃତ୍ରିମ U^{233} ଆଇସୋଟୋପ୍ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ପାରିବେ । ୟୁରାନିୟମ୍ ବିଶୁଦ୍ଧ ଧାତୁ ରୂପରେ, କୌଣସି ଏକ କମ୍ ଗଳନାଙ୍କ ଧାତୁ ସହ ଦ୍ରବଣ ଭାବେ, ଅଥବା ସାଧାରଣ ବା ଭାରୀ ଜଳସହ ଦ୍ରବଣ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ ।

ରସାୟନିକଭାବେ ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁ ସାଧାରଣ ଉତ୍ତାପରେ ସ୍ଥାୟୀ କିନ୍ତୁ ପାଖାପାଖି 100° C ଉତ୍ତାପରେ ଖୁବ୍ ତୀବ୍ରତାର ସହ ଅକ୍ସିକରଣରେ ଭାଗ ନେଇଥାଏ । ଖୁବ୍ ସୂକ୍ଷ୍ମ ୟୁରାନିୟମ୍ ଗୁଣ୍ଡ ସାଧାରଣ ଉତ୍ତାପରେ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଅକ୍ସିଡ଼ାଇଜ୍ ହୋଇ ଜଳିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ତେଣୁ କ୍ଷୁଦ୍ର ୟୁରାନିୟମ୍ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକୁ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଦ୍ରବଣରେ ରଖିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଜଳ ଉପସ୍ଥିତିରେ ୟୁରାନିୟମ୍ ସଂକ୍ଷାରିତ (Corroded) ହୋଇଥାଏ ।

ୟୁରାନିୟମ୍ 1100°–1150° C ଉତ୍ତାପ ମଧ୍ୟରେ ତରଳ ହୁଏ । ଏହା ସୋଡ଼ିୟମ, ପାରଦ, ସୀସା, ବିସମଥ, ଆଣ୍ଟିମୋନି ଏବଂ ଟିଟାନିୟମ୍ ସହ ମଧ୍ୟ କମ୍ ଗଳନାଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ମିଶ୍ରଧାତୁ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଏହାଛଡ଼ା ବେରିଲିୟମ୍, ମାଗନେସିୟମ, ଆଲୁମିନିୟମ୍, ତମ୍ବା, ଲୌହ, ଟଙ୍ଗଷ୍ଟନ୍, ଦସ୍ତା, ଭାନାଡ଼ିୟମ୍, ଏବଂ ଥୋରିୟମ୍ ସହ ମିଶି ଉଚ୍ଚ-ଗଳନାଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ମିଶ୍ରଧାତୁ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ।

ୟୁରାନିୟମ ଧାତୁ 3 ପ୍ରକାର ଅପରୂପ (Allotropic Modification) ରେ ଦେଖାଯାଏ । 600° C ରୁ କମ୍ ଉତ୍ତାପରେ ୟୁରାନିୟମ ଆଲଫା-ଫେଜ (Alpha phse)ରେ ପରିଦୃଷ୍ଟ ହୁଏ । α-ୟୁରାନିୟମ୍‌ର ଶକ୍ତି ପ୍ରାୟ 28 କିଲୋଗ୍ରାମ/ ମିଲିମିଟର)^2 । ଶୀତଳ ରୋଲିଙ୍ଗ ଦ୍ୱାରା ଏହାର ଶକ୍ତିକୁ 140 କିଲୋଗ୍ରାମ୍/(ମିଲିମିଟର)^{2}କୁ ବଢ଼ାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ । 660°–770° C ଉତ୍ତାପ ମଧ୍ୟରେ ୟୁରାନିୟମ β-ଫେଜ୍‌ରେ ଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଏହା ଭଂଗୁର ଅଟେ । 770° C ରୁ ଅଧିକ ଉତ୍ତାପରେ ୟୁରାନିୟମ୍ γ-ଫେଜରେ ରହେ ଏବଂ ଏ ଅବସ୍ଥାରେ ଏହା କୋମଳ ତଥା ଭଂଗୁର ଅଟେ ।

ୟୁରାନିୟମ୍ ଏକ ଫେଜରୁ ଅନ୍ୟ ଫେଜକୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ତଥା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଧର୍ମରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ । ଯଦି ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁକୁ ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତେବେ ଉତ୍ତାପ 660° C ରୁ କମ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ଭାରୀଜଳ ସହ ୟୁରାନିୟମ୍‌କୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତେବେ କ୍ଷୟ କ୍ଷତି ପ୍ରତି ସତର୍କତା ଅବଲମ୍ବନ କରିବାକୁ ପଡ଼େ କାରଣ ଭାରୀଜଳ ଅତି ବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ ।

ମନ୍ଦକ (Moderator) :—ମନ୍ଦକ ଏପରି ପଦାର୍ଥରୁ ନିର୍ମିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯାହାର ମନ୍ଦ କରିବା ଶକ୍ତି ଅଧିକ ଏବଂ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଗ୍ରହଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ (Neutron-Capture Cross Section) ନ୍ୟୁନତମ ହୋଇଥିବ । ସାଧାରଣତଃ ଏହି ପଦାର୍ଥ ଗୁଡ଼ିକ କମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ବିଶିଷ୍ଟ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ । ମନ୍ଦକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକ ରୂପେ ସାଧାରଣ ଜଳ, ଭାରୀଜଳ, ବେରିଲିୟମ ଓ ଏହାର ଅକ୍ସାଇଡ଼୍ କାରବନ୍ ଏବଂ ଆଉ କେତେକ

ଜୈବିକ ଯୌଗିକ ବସ୍ତୁ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କେତେକ ପଦାର୍ଥର ମନ୍ଦକ ଗୁଣ ନିମ୍ନ ସାରଣୀରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ସାରଣୀ—5

କେତେକ ପଦାର୍ଥର ମନ୍ଦନ ଗୁଣ

Matrials ପଦାର୍ଥ ବା ବସ୍ତୁ	ମନ୍ଦନ ଶକ୍ତି (ସେ.ମି)$^{-1}$ Moderating Power cm^{-1}	ମନ୍ଦନ ଅନୁପାତ Moderating Ratio
ସାଧାରଣ ଜଳ	1·53	72
ଭାରିଜଳ	0·370	12,000
ବେରିଲିୟମ୍	0.176	159
କାରବନ୍	0·064	170

ମନ୍ଦକ ରୂପେ ସାଧାରଣ ଜଳ ଅତି ଆକର୍ଷଣୀୟ ପଦାର୍ଥ । କାରଣ ଏହା ଅତି ଶସ୍ତାରେ ମିଳେ ଏବଂ ଏହା ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍‌କୁ ଧୀର କରିବାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରେ । ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନକୁ ସାମାନ୍ୟ ସମୃଦ୍ଧ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ । ଅତି କମ୍‌ରେ ଶତକଡ଼ା 1 ଭାଗ u—235 ଇନ୍ଧନରେ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ଜଳ ମନ୍ଦକ, ଶୀତଳକ ତଥା ପ୍ରତିଫଳକ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ଜଳକୁ ମନ୍ଦକ-ଶୀତଳକ ରୂପେ ଯଦି ପାଓ୍ୱାର ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତେବେ କେତେକ ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ପଡ଼େ । କାରଣ ପାଓ୍ୱାର ରିଆକ୍ଟର ଅତି ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଜଳ କିନ୍ତୁ ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପରେ 100° Cରେ ଫୁଟିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ତେଣୁ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ଚାପ 2000 ପାଉଣ୍ଡ/ପି. ଏସ୍ ଆଇ ଅବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ବାୟୁସାପେକ୍ଷ ଚାପ ପାତ୍ର (Pressure vessel) ଓ ପାଇପ୍ ଆବଶ୍ୟକ । ଜଳରେ ସୋଡ଼ିୟମ ଲବଣ, କାଲସିୟମର କାରବନ୍ ଏବଂ ବୋରନ୍ ଇତ୍ୟାଦି ଅପଦ୍ରବ୍ୟ ମିଶ୍ରିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାନ୍ତି । ମନ୍ଦକରୂପ ବ୍ୟବହୃତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଜଳରୁ ଏସବୁ ଅପଦ୍ରବ୍ୟକୁ ବହିଷ୍କାର କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମନ୍ଦକ ଭାବେ ଭାରିଜଳ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ସାଧାରଣ ଜଳରେ ଏହି ଭାରିଜଳ 6000.1 ଅନୁପାତରେ ଥାଏ । ସାଧାରଣ ଜଳର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଶ୍ଳେଷଣରୁ (Electrolysis) ଅତି ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଭାରିଜଳ ମିଳିଥାଏ । ବାରମ୍ବାର

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଶ୍ଳେଷଣ କଲେ ଅତି ବିଶୁଦ୍ଧ ଭାରିଜଳ ମିଳିଥାଏ । ଭାରିଜଳ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବା ନିମିତ୍ତ ସମୃଦ୍ଧ ଇନ୍ଧନ ଆବଶ୍ୟକ । ସାଧାରଣ ଜଳଭଳି ଏହା ମଧ୍ୟ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ ।

ବେରିଲିୟମ ଓ ଏହାର ଅକ୍ସାଇଡ ମଧ୍ୟ ଉତ୍ତମ ମନ୍ଦକ ଅଟନ୍ତି । ବେରିଲିୟମ୍ ଏକ ପ୍ରାକୃତିକ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ । ଏହା ବରାଇଲ (Beryl) [Al_2 Be_3 । (Si_6 O_{18})] ଏବଂ ହେଲଭାଇନ (Helvine) [3(Be, Mn, Fe)$_2$ SiO_4. (Mn, Fe) S)] ରୂପେ ମିଳିଥାଏ । ବରାଇଲ ଧାତବପିଣ୍ଡ ଖୁବ୍ ପ୍ରଚୁର କିନ୍ତୁ ନିମ୍ନଶ୍ରେଣୀୟ । ବେରିଲିୟମ୍ ଧାତୁ ଶୁଭ୍ର ଓ ଭଙ୍ଗୁର । ଏହାର ଘନତ୍ୱ 1·85 ଗ୍ରାମ୍ / (ସେ.ମି)^3 ଏବଂ ଗଳନାଙ୍କ 1284° C, ସାଧାରଣ ଉତ୍ତାପରେ ବେରିଲିୟମ୍ ସ୍ଥାୟୀ, କିନ୍ତୁ ଉତ୍ତାପ ଦିଆହେଲେ ହଠାତ୍ ଅମ୍ଳଜାନ ସହ ମିଶିଥାଏ । ତେଣୁ ବେରିଲିୟମ ଅପେକ୍ଷା ବେରିଲିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ (ବେରିଲିୟା)ର ବ୍ୟବହାର ଶ୍ରେୟସ୍କର । କାରଣ ଏହା ଏକ ତାପ ପ୍ରତିରୋଧୀ (Heat Resistant) ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଧାତୁ ଅଟେ ଏବଂ ଏହାର ଗଳନାଙ୍କ 2530° C ।

କାରବନ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ରୂପରେ ମନ୍ଦକ ବା ପ୍ରତିଫଳକ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ବେରିଲିୟମ ଭଳି ଏହା ଉତ୍ତମ ମନ୍ଦକ ନୁହେଁ ।

ଜଳ ଭଳି କେତେକ ହାଇଡ୍ରୋକାରବନ୍ ମଧ୍ୟ ମନ୍ଦକର ଧର୍ମ ଦେଖାଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକଙ୍କ ଅପଘଟନ ଘଟିଥାଏ । ତେଣୁ ମନ୍ଦକ ଭାବେ ସେମାନେ ଖୁବ୍ କମ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ପ୍ରତିଫଳକ (Reflector) :—ମନ୍ଦକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକ ଏକ ବସ୍ତୁରୁ ନିର୍ମିତ । ଭାରି, ଉଚ୍ଚ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସଂଖ୍ୟା ଓ ନିମ୍ନ-ଗ୍ରହଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ ବସ୍ତୁ ଏଥିନିମିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ ।

ପରିରକ୍ଷକ ପଦାର୍ଥ (Protective Material) :—ଏହି ପରିରକ୍ଷକ ରିଆକ୍ଟର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଘେରି ରହିଥାଏ । କୋର୍ ମଧ୍ୟରୁ ମନ୍ଦକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକ ଅତିକ୍ରମ କରି ଯେଉଁ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ବହିଃର୍ଗତ ହୁଅନ୍ତି ସେମାନଙ୍କୁ ଏହି ପରିରକ୍ଷକ ମନ୍ଦ କରିଦିଏ । ଏହା ଗାମା-ବିକିରଣକୁ ମଧ୍ୟ ହ୍ରାସ କରାଇଥାଏ ।

ପରିରକ୍ଷକ ପଦାର୍ଥମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କଂକ୍ରିଟ୍ ପ୍ରଧାନ ଅଟେ । ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଓ ଗାମା-ଫ୍ଲକ୍ସ୍‌କୁ ହ୍ରାସ କରାଇଥାଏ । ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍‌କୁ ଉତ୍ତମ ଭାବେ ମନ୍ଦ କରିବା ନିମିତ୍ତ ପରିରକ୍ଷକରେ ଉଦ୍‌ଜାନ ଯୁକ୍ତ ପଦାର୍ଥ କିଛି ମାତ୍ରାରେ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ସାଧାରଣ ଜଳ କଂକ୍ରିଟର ଏକ ମୂଳବସ୍ତୁ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ଆବଶ୍ୟକତା ପୂରଣ ହୋଇ ପାରିଥାଏ ।

କଂକ୍ରିଟର ସମଗ୍ର ସ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ଗାମା ବିକିରଣ କ୍ଷୀଣ ହୋଇଥାଏ । ପରିରକ୍ଷକର ଓଜନ ହ୍ରାସ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଗାମା ବିକିରଣକୁ କ୍ଷୀଣ କରିଭଳି ଅତି ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ବାରାଇଟ (Barite) ଏବଂ ଲୌହ (ଲୌହ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ରୂପରେ) ଅଧିକାଂଶ ସମୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ପରିରକ୍ଷକର ଭିତର ପଟ ଦୁଇଟି କାରଣରୁ ଖୁବ୍ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଥାଏ, ପ୍ରଥମ କାରଣ ହେଲା ଉତ୍ତପ୍ତ କୋର୍‌ର ତାପୀୟ ବିକିରଣ ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟଟି ହେଲା ଏ ସ୍ଥାନରେ ଗାମା ବିକିରଣ ସର୍ବାପେକ୍ଷା ଅଧିକ । କଂକ୍ରିଟ୍ ଅତ୍ୟଧିକ ତାପ ସହ୍ୟ କରିପାରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଏହି କଂକ୍ରିଟ୍ ସ୍ତରରେ କୌଣସି ଏକ ତାପ-ପ୍ରତିରୋଧୀ ପରିରକ୍ଷକ ଲଗାଇବା ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରତିଫଳକ ତଥା କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିରକ୍ଷକ ମଧ୍ୟରେ ଏକ କ୍ଷୀଣ ଇସ୍ପାତ ଚଦର ସଜାଇବା ଦ୍ୱାରା ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ ।

ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତ କାରୀ ଶୀତଳକ
(Heat Transfer Agent, Coolant)

ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ନିମିତ୍ତ କେଉଁ କେଉଁ ବସ୍ତୁ ଉପଯୁକ୍ତ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ବାଛିବା ପୂର୍ବରୁ ସେମାନଙ୍କର ନିଉକ୍ଲିୟାର ତଥା ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଉତ୍ତମ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ବସ୍ତୁର ନିଉଟ୍ରନ୍-ଗ୍ରହଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ ନିମ୍ନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ଥର୍ମାଲ ରିଆକ୍ଟର ହୋଇଥାଏ ତେବେ ମନ୍ଦକ ଅନୁପାତ ମଧ୍ୟ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ସେମାନଙ୍କର ନିମ୍ନଲିଖିତ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଧର୍ମଥିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଘନତ୍ୱ ଓ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ (Density & Specific Heat) :—ଘନତ୍ୱ ଓ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ଯେତେ ଅଧିକ ହେବ, ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କାର୍ଯ୍ୟର ପ୍ରତି ଏକକ ଆୟତନରେ ସେତେ ଅଧିକ ତାପ ଏକତ୍ର ହେବ । ଧାତୁ ଗୁଡ଼ିକର ଘନତ୍ୱ ଅଧିକ କିନ୍ତୁ ବିଶିଷ୍ଟତାପ କମ୍ । ଜୈବିକ ପଦାର୍ଥମାନଙ୍କର ଘନତ୍ୱକମ୍ କିନ୍ତୁ ବିଶିଷ୍ଟତାପ ଅଧିକ ।

ପମ୍ପ କରିବା କ୍ଷମତା (Pumping Power) :—

ଶୀତଳକକୁ ପମ୍ପ କରି ପଠାଇବାରେ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ବ୍ୟୟିତ ହୁଏ ତାହା ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ପମ୍ପ ହୋଇଥିବା ଶୀତଳକର ଓଜନର ଘନ ଅନୁପାତୀ ଏବଂ ଏହାର ସାନ୍ଦ୍ରତାର ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ (Inversely Proportional) ହୋଇଥାଏ । ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ ବୃଦ୍ଧିହେଲେ ପମ୍ପଦ୍ୱାରା ପଠାଯାଉଥିବା ଦ୍ରବ୍ୟର ଓଜନ ହ୍ରାସ ପାଏ । ପରିଣାମ

ସ୍ୱରୂପ ଅଧିକ ଘନତ୍ୱ ଓ ଅଧିକ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପର ଶୀତଳକକୁ ପମ୍ପ କରିବା ନିମିତ୍ତ କମ୍ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏସବୁ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଜଳ ଏକ ଶ୍ରେଷ୍ଠତର ଶୀତଳକ ।

ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଗୁଣାଙ୍କ (Heat Transfer Coefficient)

ରିଆକ୍ଟରର କୋଡ଼ରୁ ବାଷ୍ପ ବଏଲର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ଦ୍ୱାରା ଶୀତଳକର ଦକ୍ଷତା ଜଣା ପଡ଼ିଥାଏ । ଶୀତଳକର ଏହି ଦକ୍ଷତାକୁ ଏକ ଗୁଣାଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟକ୍ତ କରାହୁଏ । ବସ୍ତୁ ଯେତେ ଅଧିକ ତାପ ସୁପରିବାହୀ ହୁଏ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଗୁଣାଙ୍କ ସେତେ ଅଧିକ ହୁଏ । ତରଳ ଧାତୁ ଗୁଡ଼ିକର ତାପ ସୁପରିବାହିତା ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଗୁଣାଙ୍କ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଅଟେ । ଜଳ ଏକ ସନ୍ତୋଷଜନକ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ବସ୍ତୁ କିନ୍ତୁ ଗ୍ୟାସଗୁଡ଼ିକର ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ଧର୍ମଗୁଡ଼ିକ ସନ୍ତୋଷଜନକ ନୁହେଁ ।

ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ ଓ ବାଷ୍ପୀୟ ଚାପ (Boiling Point & Vapour Pressure)

ତରଳ ଶୀତଳକର ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ ଯେତେ ଅଧିକ ହୁଏ, ବାଷ୍ପଚାପ ସେତେ କମ୍ ହୁଏ ଏବଂ ପାଇପ ମଧ୍ୟର ଚାପ ମଧ୍ୟ ତଦନୁଯାୟୀ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ତେଣୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ପାଇପ୍ ପମ୍ପ ଓ ଅନ୍ୟ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ସେହି ଅନୁସାରେ ନିର୍ମିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏସବୁ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ତରଳ ଧାତୁ ଖୁବ୍ ଉପଯୁକ୍ତ ପଦାର୍ଥ । ଜଳ ଏକ ଉତ୍ତମ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ବସ୍ତୁ, କିନ୍ତୁ ଏହା ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାର ବହୁଳ ବ୍ୟବହାର ଦେଖାଯାଏ ନାହିଁ ।

ଗଳନାଙ୍କ (Melting Point) :—

ସାଧାରଣ ଉତ୍ତାପରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଶୀତଳକ ଧାତୁ କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାନ୍ତି । Na-K ମିଶ୍ରଧାତୁ (ଶତକଡା 56 Naଏବଂ ଶତକଡ଼ା 44 K) ସାଧାରଣ ଉତ୍ତାପରେ ତରଳ ଅଟେ । ବିଶୁଦ୍ଧ କ୍ଷାରୀୟ ଧାତୁ, (Alkali Metal), ସୀସା, ବିସମଥ, ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ପଦ୍ଧତି ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ପୃଥକ ପୃଥକ ଭାବେ ତରଳ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହାଦ୍ୱାରା ସମସ୍ୟା ବଡ଼ ଜଟିଳ ହୋଇଥାଏ । ଗେଲିୟମ (Gallium) ଧାତୁ ଖୁବ୍ କମ୍ ଉତ୍ତାପ (29° C)ରେ ତରଳେ ଏବଂ ଏହା ଏକ ମୂଲ୍ୟବାନ ଧାତୁ । ଜମାଟ ବାନ୍ଧିଲେ ଏହାର ବିଶିଷ୍ଟ ଆୟତନରେ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ । ରିଅକ୍ଟର ବନ୍ଦ ହେଲେ ଗେଲିୟମ୍ ପାଇପ୍ ମଧ୍ୟରେ ଜମାଟ ବାନ୍ଧେ ଏବଂ ଏହି ପାଇପ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଫାଟିବାର ବହୁ ସମ୍ଭାବନା । ଏଣୁ ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମାଣ ବେଳେ ଏଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଶୀତଳକ ଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମାବଳୀର ସମୀକ୍ଷାରୁ ଏହା ଜଣା ପଡ଼ିଲା ଯେ Na-K ମିଶ୍ର ଧାତୁ ଏବଂ ଜଳ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରକାରୀ ବସ୍ତୁଭାବେ ଅତି ଉପଯୁକ୍ତ । ସାଧାରଣ ଜଳ ଅତି ଶସ୍ତା ଓ ସୁଲଭରେ ମିଳିଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ଗୁଣାଙ୍କ ଖୁବ ଅଧିକ । ଏବଂ ପାଇପ୍ ମଧ୍ୟଦେଇ ପମ୍ପ କରି ପଠାଇବା ଖର୍ଚ୍ଚ ମଧ୍ୟ କମ୍ ।

ସଂରଚନାତ୍ମକ ପଦାର୍ଥ (Structural Materials)

ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମାଣରେ ଯେତେଗୁଡ଼ିଏ ପଦାର୍ଥ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରିଥାନ୍ତି ସେମାନଙ୍କର ଯାନ୍ତ୍ରିକବଳ (Mechanical Strength) ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା । ୟୁରାନିୟମ୍ ଛଡ଼ ଜାକେଟ୍, ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରର ପାଇପିଙ୍ଗ, ତରଳ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ରହିବା ପାତ୍ର ତଥା ସହାୟକ ସଂସ୍ଥାର ଗଠନ ଏହାର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ସାଧାରଣତଃ ସଂରଚନାତ୍ମକ ପଦାର୍ଥ, ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଦୃଢ଼ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପରେ ସଂକ୍ଷାରଣରୋଧୀ ହେବା ଏବଂ ଅଧିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରିବା ଅନାବଶ୍ୟକ । ନିମ୍ନରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ମୁଖ୍ୟ ପଦାର୍ଥର ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଛି ।

ଆଲୁମିନିୟମ୍ (Aluminium) :—

ଅଧିକ ପରିବାହିତା, ନିମ୍ନ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ ତଥା ସନ୍ତୋଷଜନକ ସଂକ୍ଷାରଣ ପ୍ରତିରୋଧୀ ଗୁଣ ହେତୁ 300—400°C ଉତ୍ତାପ ମଧ୍ୟରେ, ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁମଳ ଜାକେଟ୍, ଶୀତଳକ ପାଇପ ଗଠନ କରିବାରେ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ବିଶୁଦ୍ଧ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ Al^{28}ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । Al^{28} ଅଳ୍ପ ଆୟୁକାଳ ମଧ୍ୟରେ β ତଥା γ ବିକିରଣ କରିଥାଏ । ତେଣୁ କିଛିକ୍ଷଣ ଶୀତଳ ହେବାପରେ ଆଲୁମିନିୟମ ନଳୀଗୁଡ଼ିକୁ ରିଆକ୍ଟରରୁ ବାହାର କରି ନିରାପଦରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇ ପାରେ । ଆଲୁମିନିୟମ୍‌ରେ ତମ୍ବା, ଲୌହ ମାଙ୍ଗାନିଜ ଓ ଦସ୍ତା ଭଳି ବିପଜ୍ଜନକ ଅପଦ୍ରବ୍ୟ ରହିଥାନ୍ତି । ଏମାନେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ଅଧିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରର ପାଇପରେ ବ୍ୟବହୃତ ଆଲୁମିନିୟମ୍‌ରେ ଏସବୁ ଅପଦ୍ରବ୍ୟର ମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଷ୍ଟେନଲେସ ଷ୍ଟିଲ (Stainless Steel) :—

ଏହା ଏକ ଉତ୍ତମ ସଂକ୍ଷାରଣ ପ୍ରତିରୋଧୀ ଧାତୁ ଅଟେ । ତରଳ ଧାତୁ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରର ପାଇପ୍ ଗଠନରେ, ରିଆକ୍ଟରର ଜଳୀୟ ୟୁରାନିୟମ୍ ଏବଂ ତରଳ ଧାତୁ ରଖିବା

ପାତ୍ର ଗଢ଼ିବାରେ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଲୌହସହ ଅନ୍ୟଧାତୁ ମିଶି ଷ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ହୁଏ। ଏହି ମିଶ୍ରଣ ଦ୍ୱାରା ଲୌହର ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଏହା ସଂକ୍ଷାରଣ ପ୍ରତିରୋଧୀ ହୁଏ । କ୍ରୋମିୟମ୍, ନିକେଲ, ନାଓବିୟମ୍, ଟିଟାନିୟମ୍, ଟଙ୍ଗଷ୍ଟନ ପ୍ରଭୃତି ଧାତୁଙ୍କୁ ମିଶ୍ରଣ ନିମିତ୍ତ ଉପଯୋଗ କରାହୁଏ । ଷ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍‌ର ଲୌହ ତଥା ଅନ୍ୟ ଅଂଶୀଦାରମାନେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ଦୀର୍ଘ ଆୟୁକାଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଗାମା ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାନ୍ତି । ଏହାଦ୍ୱାରା ଷ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ନିର୍ମିତ ଉପକରଣ ଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବହାର କରିବାରେ ଜଟିଳତା ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।

ବିଶିଷ୍ଟ ଧାତୁ (Special Metals)

ଜିରକୋନିୟମ୍, ମଲିବଡେନମ୍, ଟିଟାନିୟମ୍ ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ଏହି ବିଶିଷ୍ଟ ଧାତୁ ମାନଙ୍କର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ଏମାନଙ୍କର ଗଳନାଙ୍କ ଉଚ୍ଚ ଏବଂ ଯାନ୍ତ୍ରିକଗୁଣ ମଧ୍ୟ ସନ୍ତୋଷଜନକ ।

ଜିରକୋନିୟମ୍‌ର କମ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍-ଅବଶୋଷଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ, ଉଚ୍ଚ ଗଳନାଙ୍କ (1860°C) ତଥା ଅମ୍ଳ ପ୍ରତିରୋଧୀ ଶକ୍ତି ଅଧିକ ହେବା ହେତୁ ଏହା ଉଚ୍ଚ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଜିରକୋନିୟମ୍ ସହ ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷେତ୍ରରେ ହାଫ୍‌ନିୟମ ମିଶିଥାଏ । ହାଫନିୟମ୍‌ର ନିଉଟ୍ରନ-ଅବଶୋଷଣ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ ଅଧିକ ଅଟେ । ତେଣୁ ଜିରକୋନିୟମ୍‌ରୁ ଏହି ଅପଦ୍ରବ୍ୟକୁ ପୁରାପୂରି ମୁକ୍ତ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ମଲିବଡେନମ ଏକ ଉଚ୍ଚ ଗଳନାଙ୍କ (2620° C) ବିଶିଷ୍ଟ ଧାତୁ । ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଅମ୍ଳଜାନ ସହ ମିଶି 500° C ରେ ବାଷ୍ପଶୀଳ ଅକ୍ସାଇଡ଼ MnO_3ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଅଧିକ ଉତ୍ତାପରେ ମଲିବଡେନମ୍‌କୁ ଉପଯୋଗ କରିବାକୁ ହେଲେ ଏହା ଉପରେ ଏକ ପରିରକ୍ଷକ ପରଦା (Protective Coating) ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଟିଟାନିୟମ୍‌ର ଗଳନାଙ୍କ 1800°C ଏବଂ ଏହା ତନ୍ୟ (Ductile), ସଂକ୍ଷାରଣ ପ୍ରତିରୋଧୀ ଅଟେ । ଲୌହ ଓ ତମ୍ବାସହ ସ୍ଥାୟୀ ମିଶ୍ରଣ ଧାତୁ କରିଥାଏ ।

ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନର ଉତ୍ପାଦନ (Primary Nuclear Fuel Production)

u—235କୁ ପ୍ରାଥମିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ କହନ୍ତି । ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ u—235 ଶତକଡ଼ା 0·71 ଭାଗ ଥାଏ । ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ ମଧ୍ୟ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା

ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅଧିକ ସମୃଦ୍ଧ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ଏଥିରେ u—235ର ମାତ୍ରା ଅଧିକ ହେବା ଅତି ଲାଭଦାୟକ । ସଂକେନ୍ଦ୍ରଣ (Concentration)କୁ u—235 ମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ସମୃଦ୍ଧ କହନ୍ତି । ୟୁରାନିୟମ୍ ସମୃଦ୍ଧିର ବିଭିନ୍ନ ବିଧି ଆଲୋଚନା କରିବା ପୂର୍ବରୁ ୟୁରାନିୟମ୍ ଖନନର ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଚର୍ଚ୍ଚା ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ୟୁରାନିୟମ୍ ଖନନ (Uranium Mining)

ୟୁରାନିୟମର ମୁଖ୍ୟ ଧାତୁପିଣ୍ଡ (Ore) ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା ।

କାରନୋଟାଇଟ୍ (Carnotite)—$K_2O, 2u_2O, V_2O_5, 3H_2O$ (Approx)

ଟ୍ୟୁୟାମୁନାଇଟ୍ (Tyuya Munite)—$CaO. UO_3, V_2O_5, nH_2O$ (Calcite Varity)

ୟୁରାନାଇଟ୍ (Uranite)—ପିଚ୍ ବ୍ଲେଣ୍ଡି (Pitch Blende)— କ୍ଲିଓସାଇଟ୍ (Cleocite), ବ୍ରୋଗରାଇଟ୍ (Broggerite), ନିଭେନାଇଟ୍ (Nivenite),

ଥୋରିୟାନାଇଟ୍ (Thorianite)—ମୁଖ୍ୟ ତଃ $(Th.u)O_2$ ।

ବେଟାଫାଇଟ୍ (Betafite)—ନାଇଓବେଟ (Niobate) ଓ ଟିଟାନେଟ (Titanate) ୟୁରାନିୟମର ।

ଟୋରବେନାଇଟ୍ (Torbenite)—$CUO, 2UO_3. P_2O_5, 8H_2O$ (କପର ୟୁରାନାଇଟ୍)

ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କାରନୋଟାଇଟ୍ ଓ ୟୁରାନାଇଟ୍ ପ୍ରଧାନ । ଧାତୁ ପିଣ୍ଡରୁ ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁ ପାଇବାର ଏକ ବିଧି ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

ଧାତୁ ପିଣ୍ଡକୁ ଗନ୍ଧକାମ୍ଳ ଓ ନାଇଟ୍ରିକ୍ ଅମ୍ଳ ଦ୍ୱାରା ସଫା କରାଯାଏ । ୟୁରାନିୟମ୍ ଓ ଅନ୍ୟ କେତେକ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ (ଲୌହ, ଆଲୁମିନିୟମ୍, ତମ୍ବା) ପ୍ରଭୃତି ଏଥିରେ ଦ୍ରବୀଭୂତ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ଆଉ କେତେକ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଦ୍ରବୀଭୂତ ନ ହୋଇ ସଲଫେଟ୍ (ସୀସା, ବେରିୟମ) ରୂପେ ଅବକ୍ଷେପିତ (Precipitated) ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଅତ୍ୟଧିକ ସୋଡ଼ା, ଫିଲଟର ହୋଇଥିବା ଅମ୍ଳ ଦ୍ରବଣ କ୍ଷାରୀୟ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମିଶାଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଅଧିକାଂଶ ମୌଳିକବସ୍ତୁ ଅବକ୍ଷେପିତ ହୁଅନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ୟୁରାନିୟମ୍

ଦ୍ରବଣରେ ରହେ ଏବଂ ଫିଲ୍ଟର କରାଯାଇ ପୃଥକ୍ କରାହୁଏ । ପୁନର୍ବାର ନାଇଟ୍ରିକ୍ ଅମ୍ଳ ଏଥିରେ ମିଶାଯାଏ ଯେପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହା ୟୁରାନାଇଲ ନାଇଟ୍ରେଟ୍‌ରେ ପରିଣତ ହେବ । ଦ୍ରବଣରେ କିଛି ଇଥର ମିଶାଯାଇ ଏହାକୁ ଖୁବ୍ ଘୁରାଯାଏ । ୟୁରାନିୟମ୍ ଜଳୀୟ ଦ୍ରବଣରୁ ଇଥର ଦ୍ରବଣକୁ ଚାଲିଯାଏ । ଏହି ବିଧିକୁ ବରଣକ୍ଷମ ନିଷ୍କାସନ (Selective Extraction) କହନ୍ତି । ଏଥିରୁ ଖୁବ୍ ବିଶୁଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ୟୁରାନାଇଲ ନାଇଟ୍ରେଟ୍‌କୁ ଜଳାଇଲେ ଏଥିରୁ ୟୁରାନିୟମ୍-ୟୁରାନିକ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ U_3O_8 ମିଳିଥାଏ । ନଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ୟୁରାନିୟମ୍‌କୁ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ-ଅବଶୋଷଣ କରୁଥିବା ଅପଦ୍ରବ୍ୟକୁ ବହିଷ୍କାର କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଅବଶୋଷଣ କରୁଥିବା ଅପଦ୍ରବ୍ୟ ବୋରନ, କାଡ୍‌ମିୟମ୍, ଗୋଡୋଲିୟନ୍, ଇଣ୍ଡିୟମ୍ ଇତ୍ୟାଦିର ସାନ୍ଦ୍ରତା 10^{-6}ରୁ ଅଧିକ ନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ୟୁରାନିୟମ୍‌କୁ ପ୍ରଥମେ ରାସାୟନିକ ଯୌଗିକରେ ପରିଣତ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ତତ୍ପରେ ଏହାକୁ ସମୃଦ୍ଧ କରାଯାଏ ।

ୟୁରାନିୟମ୍ ସମୃଦ୍ଧି (Uranium Enrichment)

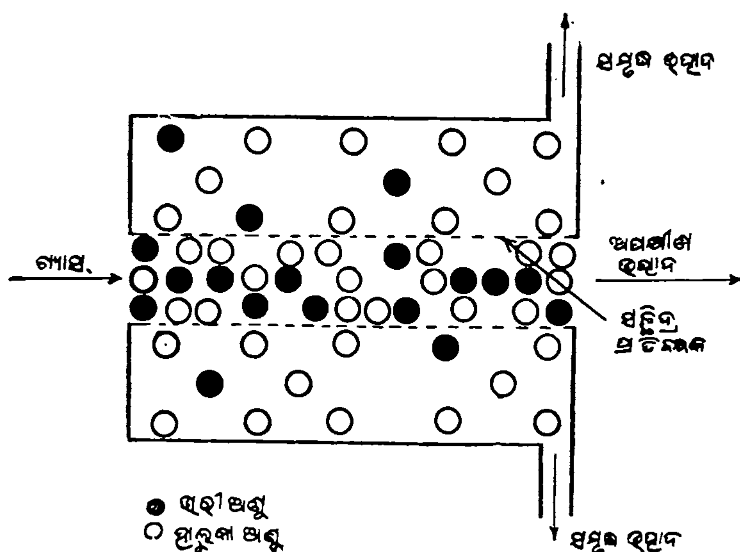
u-235 ଓ u-238ର ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ସାମାନ୍ୟ ପାର୍ଥକ୍ୟ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ । ଏହାର ଉପରେ ଭିତ୍ତିକରି ୟୁରାନିୟମ ସମୃଦ୍ଧି ନିମିତ୍ତ ଗୁଡ଼ିଗୋଟି ପଦ୍ଧତି ଅନୁସରଣ କରାଯାଏ । ସେଗୁଡିକ ହେଲ—ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ, ତାପୀୟ ବିସରଣ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ, ପୃଥକୀକରଣ ଟର୍ଣ୍ଣ ବିଧି ଓ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ପଦ୍ଧତି ।

(1) ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ ବିଧି (The Gaseous Diffusion Method)

ହାଲୁକା ଗ୍ୟାସର ଅଣୁ ଭାରୀ ଗ୍ୟାସ ଅଣୁ ଅପେକ୍ଷା ସରନ୍ଧ୍ରପଟ (Porous Barrier) ମଧ୍ୟଦେଇ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ବିସରିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ତଥ୍ୟ ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ ବିଧିର ମୂଳ ଭିତ୍ତି । ଏହି ପଦ୍ଧତି ନିମିତ୍ତ ସାଧାରଣ ତାପ ଓ ଚାପରେ ୟୁରାନିୟମ୍ ଯୌଗିକ ଗ୍ୟାସୀୟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏପରି କୌଣସି ଯୌଗିକ ପଦାର୍ଥ ଜ୍ଞାତ ହୋଇନାହିଁ । ସାଧାରଣ ଉତ୍ତାପରେ UF_6 (Uranium Hexafluride) ୟୁରାନିୟମ୍ ହେକ୍ସାଫ୍ଲୁରାଇଡ୍ କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ରହେ ଏବଂ ଏହାର ବାଷ୍ପୀୟ ଚାପ ଅଧିକ । ଅସଂପୃକ୍ତ (Non-Saturated) UF_6 ଗ୍ୟାସ ଏହି ଗ୍ୟାସୀୟ ବିଧିରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ । ବିସରିତ ହେବା ଅଣୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଅନ୍ତର ଖୁବ କମ୍ ।

$U^{235}F_6$ର ଆଣବିକ ଓଜନ $235+6\times19=349$ ଏବଂ $U^{238}F_6$ର 352 ଅଟେ ।

ଅଣୁମାନଙ୍କର ଚାପୀୟ ପରିବେଗ ସେମାନଙ୍କ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମ ବର୍ଗାନୁପାତୀ (Inversely Proportional) ଅଟେ । ଅତଏବ U^{235} ଓ U^{238} ଅଣୁମାନଙ୍କର ଚାପୀୟ ବେଗର ଅନୁପାତ $\sqrt{352/349}=1{\cdot}0043$ ଅଟେ । ହାଲୁକା ଅଣୁମାନଙ୍କର ବେଗ ଭାରୀ ଅଣୁମାନଙ୍କର ବେଗ ଅପେକ୍ଷା କେବଳ ଶତକଡ଼ା 0·43 ଅଧିକ । ଆଣବିକ ବେଗ ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ତର ଅଳ୍ପହେଲେ ମଧ୍ୟ ୟୁରାନିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍‌କୁ ଏହି ବିଧିଦ୍ୱାରା ପୃଥକ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

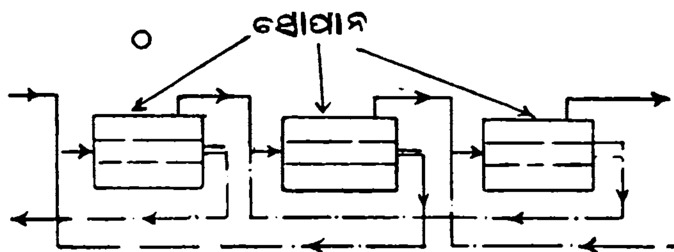


(ଚିତ୍ର ନଂ-11)

ଚିତ୍ର 11ରେ ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ ନିମିତ୍ତ ଝିଲ୍ଲି ବାକ୍ସ (Membreane Box) ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ପ୍ରଥମତଃ ଦୁଇ ସରନ୍ଧ୍ର ପଟ ମଧ୍ୟଦେଇ ମିଶ୍ରଣକୁ ପଠାଯାଏ । ଝିଲ୍ଲି ବାକ୍ସ ଏପରି ନିର୍ମିତ ହୋଇଛି ଯେ ମିଶ୍ରଣରୁ ଅଧେ ଝିଲ୍ଲି ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତିକଲାବେଳେ ବାକି ଅଂଶ ଝିଲ୍ଲି ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି ନ କରି ବାହାରକୁ ବାହାରିଯାଏ । ଝିଲ୍ଲି ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରୁଥିବା ଅଂଶ ମଧ୍ୟରେ $U^{235}F_6$ ଅଣୁମାନଙ୍କର ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ (ସମୃଦ୍ଧ ଭାଗ) । ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶରେ $U^{235}F_6$ ଅଣୁମାନେ ଅପକ୍ଷୀଣ (Depleted) ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଗୋଟିଏ ଝିଲ୍ଲି ବାକ୍ସରେ ସମୃଦ୍ଧ ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ପରୀକ୍ଷା ମୂଳକ ଭାବେ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ପ୍ରତି ସୋପାନ (Stage)ରେ ଏହି ସମୃଦ୍ଧି 1.0014 ହୁଏ । ଯଦି ଏହିପରି n ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ସୋପାନ ଥାଏ ତେବେ ପୃଥକୀକରଣର ମୂଲ୍ୟ $(1{\cdot}0014)^n$ ହୁଏ । 1800 ସୋପାନ ପରେ ୟୁରାନିୟମ ସମୃଦ୍ଧି ପ୍ରାୟ 10 ଗୁଣା ହୋଇପାରେ । u – 235 ସାଧାରଣ ଭାବେ ଶତକଡ଼ା 0·71 ଭାଗ ମିଳିଥାଏ । ଏହାକୁ ଶତକଡ଼ା 99 ଭାଗକୁ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ହେଲେ nର ମୂଲ୍ୟ ପ୍ରାୟ 4,000 ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଏ ପ୍ରକାର ସୋପାନପାତ (Cascade) ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ସମୃଦ୍ଧ ଭାଗକୁ ସମ୍ମୁଖ ବାକ୍ସରେ ଏବଂ ଅପକ୍ଷୀଣ ଭାଗକୁ ପଛବାକ୍ସରେ ପଠାଯାଏ । ଏହି ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ବହୁ ସଂକେନ୍ଦ୍ରିତ (Concentrated) u – 235 ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇପାରେ ।

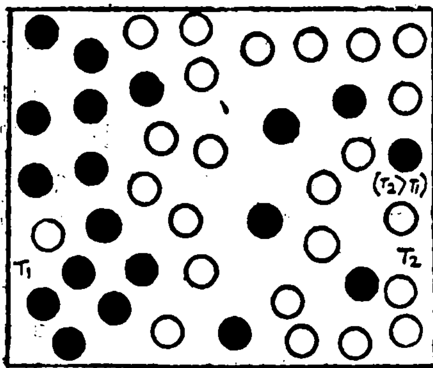


(ଚିତ୍ର ନଂ-12)

ଗ୍ୟାସର ଅଣୁଗତି ସିଦ୍ଧାନ୍ତ (Kinetic Theory of Gases)ର ସମୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ସାଧାରଣ ଚାପରେ ସରନ୍ଧ୍ରପଟ ରନ୍ଧ୍ରଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟାସ, 1/ଏକ ନିୟୁତ ସେ:ମି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏପରି କରିବା ନିମିତ୍ତ ରୁପା-ଦସ୍ତାର ଏକ ପତଳା ପରଦା ଉପରେ ହାଇଡ୍ରୋକ୍ଲୋରିକ ଅମ୍ଳ ଦ୍ୱାରା କ୍ଷାରଣ (Etching) କରାହୁଏ । ଏହି ଅମ୍ଳ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଦସ୍ତା ଅଣୁକୁ ଦ୍ରବୀଭୂତ କରିବା ପରେ ଏହି ଧାତବ ସିଟ୍ ଉପରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ରନ୍ଧ୍ର ହୋଇଯାଏ ।

(2) ତାପୀୟ ବିସରଣ ବିଧି (Thermal Diffusion Method)

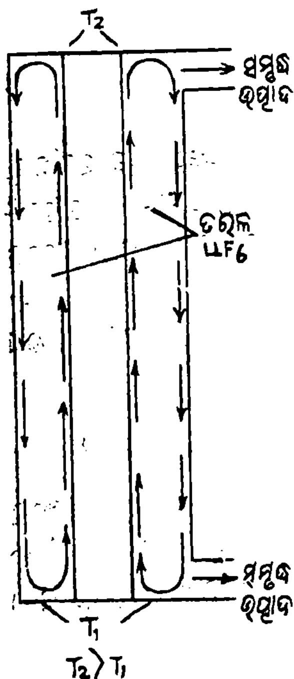
ଯଦି ଦୁଇଟି ଗ୍ୟାସ ଅଥବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମିଶ୍ରଣକୁ ଏପରି ଏକ ପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ ଯାହାର କାନ୍ଥ (Wall) ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ତାପର ତାରତମ୍ୟ ଥାଏ ତେବେ ଶୀତଳ କାନ୍ଥ ଅପେକ୍ଷା ଉତ୍ତପ୍ତ କାନ୍ଥରେ ଦୁଇଟି ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ସଂକେନ୍ଦ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାକୁ ତାପୀୟ ବିସରଣ କହନ୍ତି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 13)

ସାଧାରଣତଃ ହାଲୁକା ଅଣୁ ଉତ୍ତପ୍ତ କାନ୍ଥରେ ସମବେତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଅଦ୍ଭୁ କେତେକ ଗ୍ୟାସରେ ଏହାର ଠିକ୍ ବିପରୀତ ଘଟିଥାଏ । ଅଣୁମାନଙ୍କର ପୃଥକ୍‌କରଣର ମାନ ମୁଖ୍ୟତଃ ମିଶ୍ରଣର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହା ମଧ୍ୟ ମିଶ୍ରଣର ଚାପ ତଥା ହାରାହାରି ଉତ୍ତାପ ଉପରେ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଭର କରେ ।

ତାପୀୟ ବିସରଣ ଯେ କେବଳ ଦୁଇ ବିଭିନ୍ନ ଗ୍ୟାସ୍ ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ମିଶ୍ରଣରେ ଦେଖାଯାଏ ତାହାନୁହେଁ, ଏହା ମଧ୍ୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ମିଶ୍ରଣରେ ଦେଖାଯାଏ । ଏହି କ୍ରିୟା ତରଳ ୟୁରାନିୟମ୍ ହେକ୍‌ସ ଫ୍ଲୁରାଇଡ଼ରେ ଘଟିଥାଏ । ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ ପଦ୍ଧତି ଭଳି ଏଥିରେ ପ୍ରାଥମିକ ପୃଥକୀକରଣ ଗୁଣାଙ୍କ (Primary Separation Factor) କମ୍ । ତାପୀୟ ବିସରଣ ଓ ପୁନଃ ଚକ୍ରଣ (Recycling) ଉଭୟ ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ପୃଥକୀକରଣ ଗୁଣାଙ୍କକୁ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରେ ।



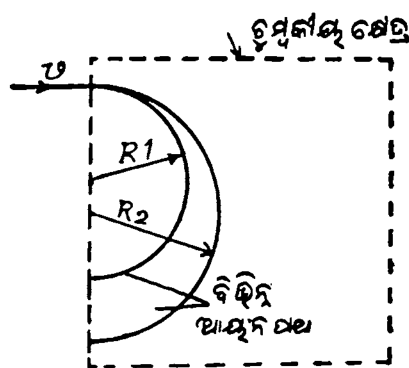
(ଚିତ୍ର ନଂ-14)

ଏଥି ନିମିତ୍ତ ତାପୀୟ ବିସରଣ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ପାତ୍ର ସ୍ତମ୍ଭ ରୂପେ ନିର୍ମିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ଏକ କେନ୍ଦ୍ରୀ ନଳୀ ଥାଏ । ନଳୀ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନ ତରଳ ୟୁରେନିୟମ ହେକ୍‌ସାଫ୍ଲୁରାଇଡ୍ ଦ୍ୱାରା ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ନଳୀରେ ଅଧିକ ଉତ୍ତାପ ଓ ଅନ୍ୟଟିରେ କମ୍ ଉତ୍ତାପ (uF_6 ହିମାଙ୍କଠାରୁ କମ୍ ନୁହେଁ) ଦିଆଯାଏ । ଶୀତଳ ଓ ଉତ୍ତପ୍ତ କାନ୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ କମ୍ ଥିବାରୁ ଏବଂ ଉତ୍ତପ୍ତ କାନ୍ଥ ନିକଟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଘନତ୍ୱ ଲଘୁ ହୋଇଥିବାରୁ ସଂଚଳନ (Circulation) ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥାଏ । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଉତ୍ତପ୍ତ କାନ୍ଥ ଲାଗି ଉପରକୁ ଉଠେ ଏବଂ ଶୀତଳ କାନ୍ଥକୁ ଲାଗି ତଳକୁ ଖସେ । ଏଥି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସ୍ତମ୍ଭରେ ତାପୀୟ ବିସରଣ ହୋଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ହାଲୁକା $u^{235}F_6$ ଅଣୁ ଉତ୍ତପ୍ତ କାନ୍ଥର ନିକଟରେ ଏକତ୍ର ହେବା ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି । ଉଭୟ ପ୍ରକାର ବିଧି ମିଶ୍ରଣରେ ସ୍ତମ୍ଭର ନିମ୍ନଭାଗ ଅପେକ୍ଷା ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଭାଗରେ u–235 ଆଇସୋଟୋପର ସଂକେନ୍ଦ୍ରଣ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।

ସମୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଅସଂଚଳନ ତାପୀୟ ବିସରଣ (Non-Circulation Thermal Diffusion) ସ୍ତମ୍ଭ ଅପେକ୍ଷା ସଂଚଳନ ତାପୀୟ ବିସରଣ ସ୍ତମ୍ଭରେ ସମୃଦ୍ଧି କେତେ ଗୁଣରେ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ୟୁରାନିୟମ ନିମିତ୍ତ ସମୃଦ୍ଧି କାରକର ମାନ ଖୁବ୍ କମ୍ । u−235କୁ ଅତି ସମୃଦ୍ଧ କରିବାକୁ ହେଲେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ସ୍ତମ୍ଭକୁ ଉତ୍ତରୋତ୍ତର କ୍ରମରେ ଲଗାଇ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ ପାରେ । ଏହି ପୃଥକୀକରଣ ବିଧିରେ ଦୁଇଟି ସ୍ତମ୍ଭ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ଅତ୍ୟଧିକ ଶକ୍ତିର ଆବଶ୍ୟକତା ହୋଇଥାଏ ।

(3) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଧି (The Electromagnetic Method)

ଯଦି ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଏକ ଦିଗରେ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ଏବଂ ଏକ ସମବେଗରେ ଗତିକରି, ଆୟନ ଦିଗ ସହିତ ଲମ୍ବଭାବେ ପ୍ରଭାବ ପକାଉଥିବା ସର୍ବତ୍ର ସମାନ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରବେଶ କରେ ତେବେ ଏହି ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଏପରି ଏକ ଦିଗକୁ ପ୍ରଭାବିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଯାହା ଉଭୟ ଆୟନ ଦିଗ ଓ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ଲମ୍ବ ଅଟେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-15)

କୌଣସି ଆୟନ ଦ୍ୱାରା ଅନୁଭୂତ ବଳ $F = e.v.H.$ ତୁଲ୍ୟ ଅଟେ ।

ଏଠାରେ e, ଆୟନ ଚାର୍ଜ.

v, ଏହାର ସମବେଗ.

H, ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରର ମାନ ଅଟେ ।

ଏହା ଅଭିକେନ୍ଦ୍ରୀବଳ ଅଟେ ।

ଅତଏବ $$e\,v\,H = \frac{mv^2}{R}$$

ଏଠାରେ m, ଆୟନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ,

R, ଆୟନପଥ ବକ୍ରତାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ,

ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ ଆୟନ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରବେଶ କରି R ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ପରିଧି ଉପରେ ଗମନ କରେ ।

$$R = \frac{mv}{eH}.$$

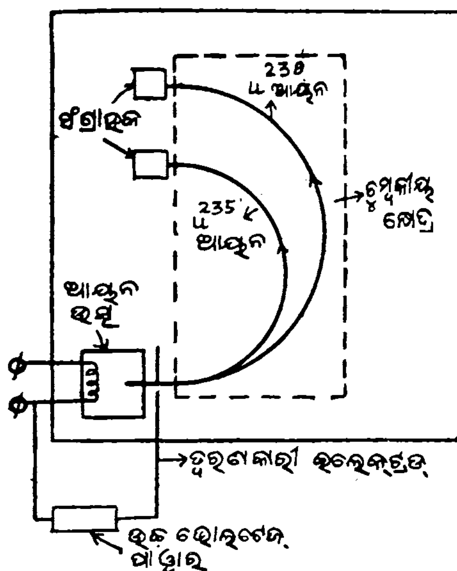
ସମପ୍ରବେଗ ତଥା ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପରିଧିଉପରେ ଗମନ କରିଥାନ୍ତି ଯାହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସେମାନଙ୍କର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସହ ସମାନୁପାତୀ ।

ଯଦି ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଆୟନଗୁଡ଼ିକର ସମ ପ୍ରବେଗ ନ ହୋଇ ସମ ଗତିଜ ଶକ୍ତି (Kinetic Energy) ହୁଏ ତେବେ ଏହା ଅତି ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ।

ଯଦି ଆୟନ ଗତିଜ-ଶକ୍ତି $W=\frac{mv^2}{2}$ ହୁଏ ତେବେ ସମୀକରଣ $R=\frac{mv}{eH}$ ରୁ v କୁ ବାଦ ଦେଲେ

$$R=\frac{\sqrt{2\,Wm}}{eH}$$ ହୁଏ

ଯଦି ଆୟନ ଶକ୍ତି ସମାନ କିନ୍ତୁ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଭିନ୍ନ ହୁଏ ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ପରିଧିର ବ୍ୟାସ ମଧ୍ୟ ଭିନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଆୟନ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ବର୍ଗ ମୂଳର ସମାନୁପାତୀ ହୁଏ । ଏ ପ୍ରକାର ପରୀକ୍ଷିତ ୟୁରାନିୟମ ତଥା ଅନ୍ୟ ସବୁ ମୌଳିକବସ୍ତୁର ଆଇସୋଟୋପ୍ ପୃଥକ୍ କରିବାରେ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ ପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-16)

ୟୁରାନିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍‌କୁ ପୃଥକ୍ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉପକରଣ ଚିତ୍ର 16 ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଆୟନ ସ୍ରୋତରେ ଗ୍ୟାସୀୟ ଅଥବା ଅତ୍ୟଧିକ ବାଷ୍ପଶୀଳ ୟୁରାନିୟମ୍ ଯୌଗିକ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରନ୍ତିଏ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଆଘାତ ଦ୍ୱାରା ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଅଣୁରେ ଆୟନୀକରଣ ହୋଇଥାଏ । ଉତ୍ପାଦିତ ଆୟନ ଅନେକ ରେଖାଚ୍ଛେଦ (Slit)କୁ ଅତିକ୍ରମ କରି ଏକ ସରୁ ଆୟନଗୁଚ୍ଛରେ ଘନିଭୂତ ହୋଇ ତ୍ୱରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ (Acceleration Chamber) ପ୍ରବେଶ କରେ । ଏଠାକାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆୟନ ତ୍ୱରିତ ହୋଇ ଅତ୍ୟଧିକ ଶକ୍ତି ଗ୍ରହଣ କରେ । ପ୍ରବେଶ କରିବା ସମୟରେ ଆୟନଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବେଗ ବହୁତ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହା କଳ୍ପନା କରାଯାଇପାରେ ଯେ ନିର୍ଗତ ହେବା ସମୟରେ ସବୁ ଆୟନର ଶକ୍ତି ସମାନ $W = eU$ ହୁଏ ।

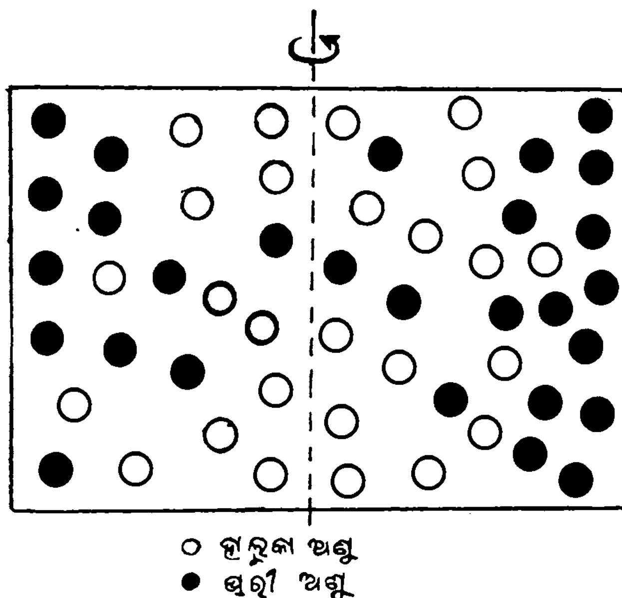
ଏଠାରେ e, ଆୟନ ଗୁଣ,
U, ତ୍ୱରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡ଼ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ।

ତ୍ୱରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରୁ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଆୟନ ପୃଥକ କରୁଥିବା ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରନ୍ତି । ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଭାବରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ବୃତ୍ତର ପରିଧି ଉପରେ ଗତି କରିବାକୁ ଲାଗନ୍ତି । ପୃଥକ୍‌କରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ ଆୟନ-ଗୁଡ଼ିକ ସଂଗୃହୀତ ହେବା ନିମିତ୍ତ ବନ୍ଦୋବସ୍ତ କରାଯାଇଛି । ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି ସଂଗୃହୀତ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ନିଷ୍କ୍ରିୟ (Neutralised) ହେବାପରେ ପାତ୍ରର କାନ୍ଥ ଉପରେ ୟୁରାନିୟମ୍ ଯୌଗିକ ରୂପେ ଲାଗିରହନ୍ତି । ପୃଥକ୍‌କରଣ ପଦ୍ଧତି ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ହେବାପରେ ଆୟନଗୁଡ଼ିକୁ ଏକତ୍ର କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉପକରଣକୁ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ବାହାରକୁ ନିଆଯାଇ, ୟୁରାନିୟମ୍‌କୁ ଅନ୍ୟ ସବୁ ମୌଳିକବସ୍ତୁରୁ ରାସାୟନିକ ଉପାୟରେ ପୃଥକ୍ କରାଯାଏ । ଏହି ପଦ୍ଧତି ଅନୁଯାୟୀ ଶତ ପ୍ରତିଶତ ପୃଥକ୍-କରଣ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ଏକ ୟୁନିଟ୍‌ରୁ ଅଧିକ ବିଶୁଦ୍ଧ u—235 ଅଳ୍ପ ପରିମାଣରେ ମିଳିଥାଏ । ଅତ୍ୟଧିକ ମାତ୍ରାରେ u—235କୁ ପ୍ରାପ୍ତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହିପରି ଆଉ କେତେକ ୟୁନିଟ୍ ଏକ ସମୟରେ ଉପଯୋଗ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

୪ । ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ବିଧି (Centrifugation Method)

ଯଦି କୌଣସି ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣରେ ବିଭିନ୍ନ ଆଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଗ୍ୟାସର ମିଶ୍ରଣକୁ ଖୁବ୍ ବେଗରେ ଘୂରାଯାଏ ତେବେ ହାଲୁକା ଗ୍ୟାସ୍ ଅପେକ୍ଷା ଭାରି ଗ୍ୟାସ୍ ବାହାର ପରିଧି ଉପରେ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଏକତ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ । ଅତଏବ ପରିଧି ଉପରେ

ଭାରୀ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଅକ୍ଷ ନିକଟରେ ଥିବା ଭାରୀ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତାଠାରୁ ଅଧିକ ।



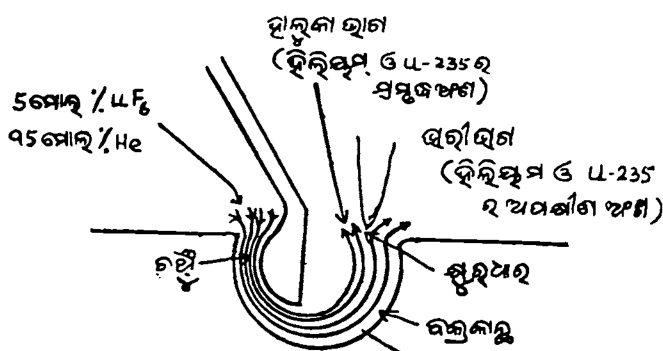
(ଚିତ୍ର ନଂ-17)

uF_6 ବାଷ୍ପରୁ ୟୁରାନିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍‌କୁ ପୃଥକ କରିବା ନିମନ୍ତେ ଏହି ବିଧିକୁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ବିଧିରେ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣରେ ବାଷ୍ପ ପ୍ରବେଶ କରିବା ନିମନ୍ତେ ଏବଂ ପରିଧି ଓ ଅକ୍ଷରୁ କ୍ରମଶଃ ସମୃଦ୍ଧ ତଥା ଅପକ୍ଷୀଣ ବାଷ୍ପକୁ ବାହାର କରିବା କଠିନ ବ୍ୟାପାର ଅଟେ ।

ଯଦି ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ଲମ୍ବ ରୂପେ ଦଣ୍ଡାୟମାନ ହୁଏ ତେବେ ବାଷ୍ପର ଏକ ସ୍ରୋତ କାନ୍ଥ ନିକଟରେ ନିମ୍ନକୁ ଏବଂ କେନ୍ଦ୍ର ଅକ୍ଷ ନିକଟରେ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ପଠାଯାଇପାରିବ । ଏହି ଉପକରଣ ଉପରିଭାଗରେ କେନ୍ଦ୍ର ନିକଟରେ ହାଲୁକା ଆଇସୋଟୋପ୍‌କୁ ପୃଥକ କରିବା ସମ୍ଭବ । ସେହିପରି ନିମ୍ନ ପରିଧି ନିକଟରେ ଭାରୀ ଆଇସୋଟୋପ୍‌କୁ ପୃଥକ କରିବା ମଧ୍ୟ ସମ୍ଭବ ।

୪ । ପୃଥକ୍‌କରଣ ଚଞ୍ଚୁ ବିଧି (Separation Nozzle Method)

ଏହା ଏକ ଚଞ୍ଚୁ ପ୍ଲେଟ୍, ବକ୍ର କାନ୍ଥ ଏବଂ କ୍ଷୁର-ଧାର ନେଇ ଗଠିତ । ଶତକଡ଼ା 5 ମୋଲ୍ (mole) uF_6 ଓ 95 ମୋଲ୍ ହିଲିୟମ୍‌ର ଏକ ମିଶ୍ରଣ ଏହି ଉପକରଣର ବାମ



(ଚିତ୍ର ନଂ-18)

ପଟେ ଦିଆଯାଏ । ଜେଟ୍ ପ୍ଲେଟର ଦକ୍ଷିଣ ପଟେ ଚାପ ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ କମ୍ କରାଯାଏ । ଏହି ଚାପ ପ୍ରବଣତା (Pressure—gradient) ପ୍ରଭାବରୁ ମିଶ୍ରଣ ବକ୍ରଚାନେଲ୍ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତିକରେ । ଏହି ବକ୍ରଚାନେଲ୍ ଜେଟ୍ ପ୍ଲେଟ୍ ଓ ବକ୍ରକାନ୍ଥ ନେଇ ଗଠିତ । କ୍ଷୁର-ଧାର ଆସୁଥିବା ସ୍ରୋତକୁ ହାଲୁକା ଓ ଭାରୀ ଦୁଇଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରେ ଏବଂ ସେମାନେ ପୃଥକ ପୃଥକ ଭାବେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଅନ୍ତି । ହାଲୁକା ଅଂଶରେ uF_6 ଅପେକ୍ଷା ହିଲିୟମ୍ ଅଧିକ ମାତ୍ରାରେ ସମୃଦ୍ଧ ହୋଇଥାଏ । ଏବଂ uF_6 ରେ ହାଲୁକା ୟୁରାନିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଭାରୀ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଅପେକ୍ଷା ସମୃଦ୍ଧ ହୁଏ । ଏହାର ଠିକ୍ ବିପରୀତ ଭାରୀ ଅଂଶରେ ହୋଇଥାଏ । ହିଲିୟମ୍ ମିଶ୍ରଣ ଦ୍ୱାରା uF_6 ର ସ୍ରୋତର ପ୍ରବେଗରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟିଥାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ପ୍ରାଥମିକ ଭାବେ ୟୁରାନିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ର ପୃଥକ୍କରଣ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବିଧିରେ ପ୍ରାପ୍ତ ୟୁରାନିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ ବିସରଣ ବିଧିରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଆଇସୋଟୋପ୍ ଅପେକ୍ଷା 3 ଗୁଣ ଅଧିକ ।

ଅନ୍ୟ ବିଧି ଭଳି ଏହି ପ୍ରାଥମିକ ବିଧିକୁ ସୋପାନ କ୍ରମରେ ସଜାଯାଇପାରେ ଏବଂ ଆଶାଜନକ ଭାବେ u—235 ଆଇସୋଟୋପ୍କୁ ପୃଥକ୍ କରାଯାଇପାରେ ।

ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ଉତ୍ପାଦନ (Secondary Nuclear Fuel Production)

u 238 ଓ Th—233 ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ଯଥାକ୍ରମେ Pu—239 ଓ u—233 ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏଗୁଡିକ ଦ୍ୱିତୀୟକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ।

ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍—239ର ଉତ୍ପାଦନ (Manufacturing Pu—239)

ବହୁ ପରିମାଣର ୟୁରାନିୟମ ଓ ବିଭାଜନ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକରୁ ଅଳ୍ପପରିମାଣର ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌କୁ ପୃଥକ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ରାସାୟନିକ ଦୃଷ୍ଟିକୋଣରୁ ଏହି କ୍ରିୟା କଠିନ ଜଣାପଡେ କାରଣ ପୃଥକ ହେଉଥିବା ବସ୍ତୁର ସଂକେନ୍ଦ୍ରଣ ହ୍ରାସ ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ରାସାୟନିକ ପୃଥକ୍‌କରଣ କ୍ଷମତା ମଧ୍ୟ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ବିଭାଜନ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକର କ୍ରିୟାଶୀଳତା ହେତୁ କୌଣସି ଅଭିକର୍ମକୁ (Reagent) ସିଧାସଳଖ ପ୍ରୟୋଗ କରି ହୁଏନାହିଁ । ଅତଏବ ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ କ୍ରିୟାକୁ ଦୂର-ନିୟନ୍ତ୍ରଣ Remote-control) ବିଧିରେ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ଏପରିକି ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍, କ୍ରିୟାଶୀଳ ବିଭକ୍ତ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକରୁ ପୃଥକ କରାଗଲେ ଏହାର ତୀବ୍ର ରାସାୟନିକ ବିଷମୟ ପ୍ରଭାବ ଏବଂ ∝—କ୍ରିୟାଶୀଳତା ହେତୁ ଏହାକୁ ଅତି ସାବଧାନତା ସହକାରେ ରଖିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ମନୁଷ୍ୟ ଶରୀରରେ ଏହି ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ Pu—239ର କିଛି ମାଇକ୍ରୋଗ୍ରାମ୍ ପ୍ରବେଶ କଲେ ମୃତ୍ୟୁ ଅବଶ୍ୟମ୍ଭାବୀ ।

ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌କୁ ୟୁରାନିୟମ୍‌ରୁ ପୃଥକ କରିବା ଦିଗରେ ପ୍ରଥମ ପଦକ୍ଷେପ ହେଲା ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁମଳକୁ ଶୀତଳ କରିବା । ଶୀତଳ କରିବା ସମୟ ଏପରି ବଛାଯାଏ ଯେପରି ଅଳ୍ପ ଆୟୁକାଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକରେ ବିଘଟନ ଘଟି ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା କମିଯିବ । ଶୀତଳୀକରଣ ପରେ ୟୁରାନିୟମ୍‌କୁ ନାଇଟ୍ରିକ୍ ଅମ୍ଳରେ ଦ୍ରବୀଭୂତ କରାହୁଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଗ୍ୟାସୀୟ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ (ଜେନନ ଓ କ୍ରିପ୍‌ଟନ୍) ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ଜେନନ ଓ କ୍ରିପ୍‌ଟନ୍ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକୁ ଅତ୍ୟଧିକ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ବାୟୁସହ ମିଶାଇ ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଛାଡ଼ିଦିଆହୁଏ ଯେପରି ପ୍ଲାଣ୍ଟର କର୍ମଚାରୀ ଓ ସମୀପବର୍ତ୍ତୀ ବସ୍ତି ସମୂହର ନାଗରିକମାନଙ୍କ ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟରେ କୌଣସି କ୍ଷତି ନ ଘଟେ । ଆୟୋଡ଼ିନ ଭଳି ଅଧିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବାଷ୍ପକୁ ପୃଥକ୍ ରଖିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇପଡ଼େ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍, ୟୁରାନିୟମ୍ ଏବଂ ବିଭାଜନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକରେ ରାସାୟନିକ ପୃଥକକରଣ କରାଯାଏ । ଏହି ପୃଥକକରଣ ଏମାନଙ୍କ ଜାରଣ ବିଜାରଣ (Oxidation Reduction) ଧର୍ମ ଉପରେ ଆଧାରିତ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌କୁ ତୀବ୍ର ଜାରଣ ଅବସ୍ଥାରୁ ନିମ୍ନ ଜାରଣ ଅବସ୍ଥାକୁ ଆଣି ଫ୍ଲୋରିନ୍ ଯୌଗିକ ରୂପରେ ଏକତ୍ର କରିବା ସହଜ ଅଟେ ଏବଂ ୟୁରାନିୟମ୍ ସେହିପରି ଦ୍ରବଣରେ ରହିଥାଏ । ରାସାୟନିକ ବାହକ ବିଧି (Chemical Carrier Method) ଦ୍ୱାରା ଏହି ପଦ୍ଧତିର ଦକ୍ଷତା ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇ ପାରେ । ଏହି ବାହକ ବିଧିରେ ଦ୍ରବଣରେ କୌଣସି ଏକ ମୌଳିକବସ୍ତୁକୁ ମିଶାଇ ଦିଆଯାଏ । ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବସ୍ତୁ ଏହି ନୂତନ ବସ୍ତୁ ସହ କ୍ରିୟା କରି ବିକ୍ଷେପିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଦ୍ରବଣରୁ ଏହାକୁ

ପୃଥକ୍ କରାଯାଏ । ଏହି ନୂତନ ଯୋଗ କରାଯାଇଥିବା ବସ୍ତୁକୁ ବାହକ କହନ୍ତି । ଲାନଥାନମ୍ ଓ ସେରିୟମ୍ ସୁଦକ୍ଷ ବାହକ ଅଟନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନେ LaF_3 ଓ CeF_3 ରୂପେ ଅବକ୍ଷେପିତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି ଫ୍ଲୁରାଇଡ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବିଭଜନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ଓ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ସହ ପୃଥକ୍ ହୋଇଥାନ୍ତି । ପ୍ରଚଳିତ ବିଧି ଅନୁସାରେ ବିଭଜନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକଠାରୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌କୁ ପୃଥକ୍ କରାଯାଏ । ପୃଥକ୍ ହୋଇଥିବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଯୌଗିକରୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଧାତୁ ମିଳେ ଏବଂ ଏହା ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

ବିଶୁଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍--233ର ଉତ୍ପାଦନ (Producing Pure u—233)

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବହୁ ଅଧିକ ପରିମାଣର ଥୋରିୟମ୍ ତଥା ଅତି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପ୍ରୋଟାକ୍‌ଟିନିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍ Pa^{233}ରୁ ଖୁବ୍ କମ୍ ପରିମାଣର ୟୁରାନିୟମ୍‌କୁ ପୃଥକ୍ କରାଯାଏ । ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍-ଗ୍ରହଣ କରିଥିବା ଥୋରିୟମ୍‌କୁ ପ୍ରାୟ 6 ମାସ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଶୀତଳ କରିବା ଦ୍ୱାରା Pa^{233} ବିଘଟିତ ହୋଇ u—233ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଅବକ୍ଷେପଣ ବିଧି ଦ୍ୱାରା ୟୁରାନିୟମକୁ ଥୋରିୟମ୍‌ରୁ ପୃଥକ୍ କରାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ; କାରଣ ଥୋରିୟମ୍ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଥିବାବେଳେ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅଦ୍ରାବ୍ୟ (Insoluble) ଯୌଗିକ ଗଠନ କରେ ନାହିଁ । ଥୋରିୟମ୍ ନାଇଟ୍ରେଟ୍ ଓ ୟୁରାନିୟମ୍ ନାଇଟ୍ରେଟର ଜଳୀୟ ଦ୍ରବଣରୁ ୟୁରାନିୟମ୍‌କୁ ଇଥର ସାହାଯ୍ୟରେ ପୃଥକ୍ କରିବା ଅତି ସୁବିଧା ଜନକ । ୟୁରାନିୟମ୍ ପରି ଏହି ଧାତୁର ପୃଥକ୍‌କରଣ କରାଯାଇଥାଏ ।

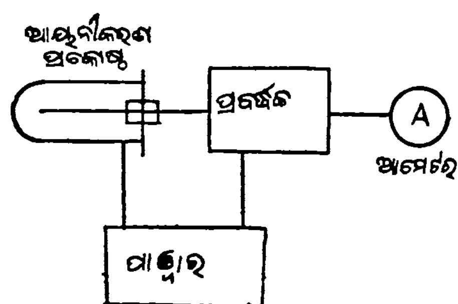
ଥୋରିୟମ୍ ଉତ୍ପାଦନ (Thorium Production)

ଦ୍ୱିତୀୟକ ଇନ୍ଧନ u—233 ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ଥୋରିୟମ କଂଚା ମାଲ ଅଟେ । ପ୍ରକୃତରେ ଥୋରିୟମ୍ ମୁଖ୍ୟତଃ ମୋନାଜାଇଟ୍ ରୂପରେ ମିଳିଥାଏ । ମୋନାଜାଇଟ୍ ଥୋରିୟମ୍ ଓ ରେୟାର ଆର୍ଥ ଏଲିମେଣ୍ଟର ଏକ ଜଟିଳ ଫସ୍‌ଫେଟ୍ ଅଟେ । ଏହି ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ ଗନ୍ଧକାମ୍ଳରେ ଦ୍ରବିଭୂତ ହୁଏ । ଫସ୍‌ଫରିକ ଅମ୍ଳ ଓ ଅକ୍‌ଜାଲିକ ଅମ୍ଳ ଦ୍ୱାରା ଏହାର ଅଧିକାଂଶ ଅପଦ୍ରବ୍ୟ ଅବକ୍ଷେପିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଥୋରିୟମ୍‌କୁ ରିଆକ୍ଟରରେ ଧାତୁ ରୂପରେ ଅଥବା ସ୍ଥାୟୀ ଯୌଗିକ ରୂପରେ ବିକିରିତ କରାଯାଇପାରେ । ଥୋରିୟମ୍ ଟେଟ୍ରାଫ୍ଲୁରାଇଡ ThF_4 କାଲସିୟମ୍ ଓ ମ୍ୟାଗନେସିୟମ୍ ସହ ବିଜାରିତ ହୋଇ ଧାତୁରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।

ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟ ମାପୀ ଉପକରଣ (Health Monitoring Instruments)

ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟମାପୀ ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକୁ ମୁଖ୍ୟତଃ ଦୁଇ ଶ୍ରେଣୀରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ । ସର୍ଭେ ମାତ୍ରାମାପୀ (Survey Dosimeters) ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ଏହା

ସାହାଯ୍ୟରେ କୋଠାଘରର ଭିତର ଓ ବାହାରର ବିକିରଣ ତୀବ୍ରତା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ବ୍ୟକ୍ତିଗତ ମାତ୍ରାମାପୀ Personal Dosimeter) ଦ୍ୱିତୀୟ ଶ୍ରେଣୀର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ଏହା ଏପରି ନିର୍ମିତ ଯେ ପ୍ରତି କର୍ମଚାରୀ ଉପରେ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ସଠିକ ଭାବେ ମାପ କରିପାରେ । ଏହି ଦୁଇ ମାତ୍ରାମାପୀ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ପ୍ରକାର ମାତ୍ରାମାପୀ ଅଛି ଯାହା ଦ୍ୱାରା କର୍ମଚାରୀମାନଙ୍କ ହାତ ଗୋଡ଼, ତଥା ପରିଧାନବସ୍ତ୍ର ଉପରେ ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ମାପ କରିପାରେ । ଜଳ ଓ ବାୟୁରେ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ମାପ କରିବା ନିମିତ୍ତ ମାତ୍ରାମାପୀ ମଧ୍ୟ ଅଛି । ଅତି ସାଧାରଣଭାବେ ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ମୁଖ୍ୟତଃ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ମାତ୍ରାମାପୀ ଯନ୍ତ୍ର ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-19)

ସର୍ଭେ ମାତ୍ରାମାପୀ କପରି କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଛି ତାହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ଉପକରଣର ମୂଳ ଭାଗରେ ଏକ ଆୟନୀକରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହାର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଆପତିତ ଗାମା ବିକିରଣର ସମାନୁପାତୀ । ଆୟନ ସ୍ରୋତକୁ ପ୍ରବର୍ଦ୍ଧିତ କରି ଆମେଟର୍ (Ammeter)କୁ ପଠାଯାଏ । ଏହି ଆମେଟର୍ ଏପରି ଅଂଶାଙ୍କିତ ହୋଇଥାଏ ଯହିଁରୁ ସିଧା ସଳଖ ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି ମାତ୍ରାହାର ରଂଜନରେ ଜଣାପଡ଼େ । ଏହି ମାତ୍ରାମାପୀର ଅଙ୍କରୁ ଯେ କେହି ବ୍ୟକ୍ତି ଜାଣିପାରିବ ଯେ ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟ ଉପରେ କ୍ଷତିକର ପ୍ରଭାବବିନା ଗୋଟିଏ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ କେତେ ସମୟ କାର୍ଯ୍ୟକର ହେବ । ମନେକର ଗୋଟିଏ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ ମାତ୍ରାଦର ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 0·01γ· । କୌଣସି ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ କାର୍ଯ୍ୟ ଦିବସରେ ଜଣେ ବ୍ୟକ୍ତି 0·05 γ ମାତ୍ରାର ବିକିରଣ ସହ୍ୟ କରିପାରେ । ତେଣୁ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ $^{0.05}/_{0}.01=5$ ଘଣ୍ଟା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟ କରିହେବ । ଯଦି ଦିନ ଭିତରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ସମୟ 5 ଘଣ୍ଟାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ, ତେବେ ଅତିରିକ୍ତ ସମୟ ଅନ୍ୟ ଏକ କକ୍ଷରେ ଅତି ବାହିତ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେଉଁଠାରେ ବିକିରଣ ପ୍ରଭାବ ନଥିବ ।

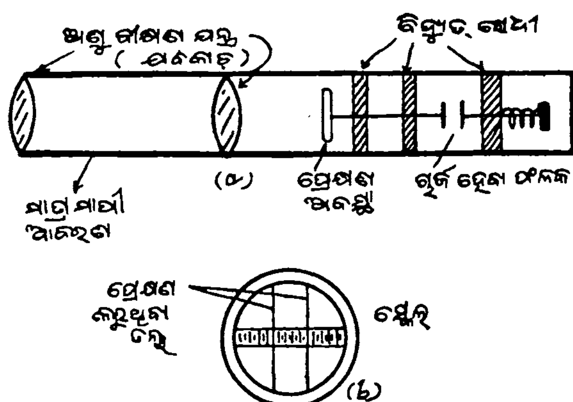
ପ୍ରତ୍ୟେକ କର୍ମଚାରୀ ଉପରେ ପଡ଼ୁଥିବା ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ ସବୁଠାରୁ ସରଳ ବିଧି ହେଲା ବ୍ୟକ୍ତିଗତ ମାତ୍ରାମାପୀକୁ ଉପଯୋଗ କରିବା । ଫିଲମ୍-ବ୍ୟାଜ (Film-Badge) ମାତ୍ରାମାପୀର ସରଳତମ ରୂପ ଅଟେ । ଫିଲମ୍‌ର ଗୋଟେ ଖଣ୍ଡକୁ ଆଲୋକ ରହିତ (Light-tight) କାଗଜରେ ଗୁଡ଼େଇ ଦିଆଯାଏ । ଏହି ବ୍ୟାଜକୁ ସାର୍ଟର ଉପର

ପକେଟରେ ଝୁଲାଇ ଦିଆହୁଏ । ବ୍ୟାଜ ସମେତ କର୍ମଚାରୀ ଉପରେ ବିକିରଣ ପଡ଼ିଥାଏ । ଗୁଡ଼ା ହୋଇଥିବା କାଗଜ ଭେଦକରି ଗାମା ବିକିରଣ ଫିଲ୍ମ୍ ଉପରେ ପ୍ରଭାବ ପକାଏ । ଡେଭଲପ୍ (Develope) କରିବା ପରେ ଫିଲ୍ମ୍ କଳା ହୁଏ । କେତେ ବିକିରଣରେ କେଉଁ ପ୍ରକାର କଳା ହୁଏ ତାହା ପୂର୍ବରୁ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇ ମାତ୍ରାମାପୀକୁ ଅଂଶାଙ୍କିତ କରାଯାଇଥାଏ । ଫଳରେ ଏ ପ୍ରକାର ଫିଲ୍ମ୍ ମାତ୍ରାମାପୀ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ଅଂଶାଙ୍କିତରୁ ମାତ୍ରାଦର ସହଜରେ ଜଣାପଡ଼ିଥାଏ । ଫିଲ୍ମ୍ ମାତ୍ରାମାପୀର ଗଠନ ତଥା ଉପଯୋଗ ଅତି ସରଳ ଅଟେ କିନ୍ତୁ ଫିଲ୍ମ୍‌କୁ ଡେଭଲପ୍ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ, ପ୍ରତି କାର୍ଯ୍ୟ ଦିବସର ଶେଷରେ ବା ଏକ ସପ୍ତାହ ପରେ ଡେଭଲପ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଧାରାବାହିକ ଭାବେ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ମାପିବା ସମ୍ଭବ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି କାରଣ ବଶତଃ ବିକିରଣ ତୀବ୍ରତା ବଢ଼ିଯାଏ ତେବେ ଫିଲ୍ମ୍‌କୁ ଡେଭଲପ୍ ନକଲା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହା ଜଣା ପଡ଼େନାହିଁ, ଫିଲ୍ମ୍ ବ୍ୟାଜର ଏହା ହେଉଛି ଏକମାତ୍ର ଅସୁବିଧା ।

ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ସମୟରେ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ମାପ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଅନ୍ୟ ଏକ ପ୍ରକାର ବହନୀୟ (Portable) ମାତ୍ରାମାପୀର ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ । ଏହାର ନିୟମ ହେଲା ଯେ ବିଦ୍ୟୁତଦର୍ଶୀ (Electroscope)କୁ ଚାର୍ଜ ଦେଲେ ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡ୍‌ରୁ ଦୁଇ ପତଳା ଧାତୁ ପରଦା ସବୁ ପ୍ରଥମେ ଏକ ଅନ୍ୟକୁ ବିକର୍ଷିତ କରନ୍ତି ଏବଂ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଚାର୍ଜ କ୍ଷରଣ (Leak) ହେବା ପରେ ଉଭୟେ ପରସ୍ପର ନିକଟକୁ ଆସନ୍ତି । ଯଦି ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡ଼ ଉତ୍ତମ ରୂପେ ବିଦ୍ୟୁତ ରୋଧୀ ହୁଏ ତେବେ ଚାର୍ଜ ବହୁଦିନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ରହିପାରେ । ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତଦର୍ଶୀ ଉପରେ ଗାମା ବିକିରଣର ପ୍ରଭାବ ପଡ଼େ ତେବେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବାୟୁରେ ଆୟନୀକରଣ ହୁଏ ଏବଂ ବାୟୁ ସୁପରିବାହୀ ହୋଇ ଉଠେ । ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ ଚାର୍ଜର ଶୀଘ୍ର କ୍ଷରଣ ହୁଏ । ବିକିରଣ ମାତ୍ରାର ମାପ ଚାର୍ଜ ହ୍ରାସ ଦ୍ୱାରା ହୋଇପାରେ ଏବଂ ଚାର୍ଜ ହ୍ରାସ ଦୁଇ ପତ୍ର ମଧ୍ୟର ଦୂରତାର ସମାନୁପାତୀ ଅଟେ ।

ବ୍ୟାବହାରିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପତଳା ପତ୍ର ସ୍ଥାନରେ ଦୁଇଟି ତନ୍ତୁକୁ ଟାଣିକରି ଲଗାଯାଏ । ଏହାର ସ୍ଥିତି ସରଳ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଜଣାପଡ଼େ, ବିଦ୍ୟୁତଦର୍ଶୀ ଝରଣା କଲମ (Fountain Pen) ଅଥବା ପେନ୍‌ସିଲ୍ ରୂପ ନେଇଥାଏ ।

କାର୍ଯ୍ୟ ଆରମ୍ଭ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ମାତ୍ରାମାପୀକୁ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍‌ଟ୍ ବ୍ୟାଟେରୀ ଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜ କରାହୁଏ । ପରସ୍ପର ବିକର୍ଷଣ ହେତୁ ତନ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ସ୍କେଲର ଉଭୟ ପଟେ ରହନ୍ତି । ମାତ୍ରାମାପୀ



(ଚିତ୍ର ନଂ-20)

ଉପରେ ବିକିରଣ ପଡ଼ିବା ସଂଗେ ସଂଗେ ତନ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ପରସ୍ପର ନିକଟକୁ ଆସନ୍ତି । ଏହି ସ୍କେଲ ରଂଜନ ଏକକରେ ଅଂଶାଙ୍କିତ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ତନ୍ତୁର ସ୍ଥିତିରୁ ଧନସାର୍ ପ୍ରାପ୍ତ ବିକିରଣ ମାତ୍ରା ସ୍ପଷ୍ଟ ରୂପେ ଜଣାପଡ଼େ । ପୂରା ସ୍କେଲର ବିସ୍ତାର 0·3Y ମାପିବା ନିମିତ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଦୈନିକ 0·05 Y ବିକିରଣ ପଡେ ତେବେ ଏକ ସପ୍ତାହ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପୂରା ସ୍କେଲ ଉପରେ ବିକିରଣ ପଡ଼ିପାରେ । ତେଣୁ ଏହି ମାତ୍ରାମାପୀକୁ ସପ୍ତାହରେ ଥରେମାତ୍ର ଗୁର୍ଜ କରିବାକୁ ପଡ଼େ ।

ଚତୁର୍ଥ ଅଧ୍ୟାୟ

ପାଓ୍ୱାର ରିଆକ୍ଟର (Power Reactor)

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପାଓ୍ୱାର ଉତ୍ପାଦନ କରୁଥିବା ପଦ୍ଧତିର ସମୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଜେନେରେଟର ହିଁ କେବଳ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ପାଇଁ ଦାୟୀ । ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ବିପୁଳ ପରିମାଣରେ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବିରାଟ ବିରାଟ ଟରବାଇନ୍ ଅବିରତ ଭାବେ ଘୂରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ଟରବାଇନ୍ କିପରି ଘୂରି ପାରିବ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ସମସ୍ୟା । ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତ କେନ୍ଦ୍ରମାନଙ୍କରେ ଜଳ ବଳ (Waterforce) ଦ୍ୱାରା ଟରବାଇନ୍ ଘୂରେ । ତାପୀୟ ପାଓ୍ୱାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ବାଷ୍ପଚାପ ଦ୍ୱାରା ଟରବାଇନ୍ ଘୂରେ । କୋଇଲା ବା ତେଲ ଜଳିବା ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ତାପ ମିଳେ ତାହାକୁ ଉପଯୋଗ କରି ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟର୍ ପାଓ୍ୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ମଧ୍ୟ ଅନୁରୂପ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ କିନ୍ତୁ ଏଠାରେ ତାପ ଉତ୍ସ କୋଇଲା ବା ତେଲ ନୁହେଁ, ନିଉକ୍ଲିୟର୍ ରିଆକ୍ଟର ଅଟେ ।

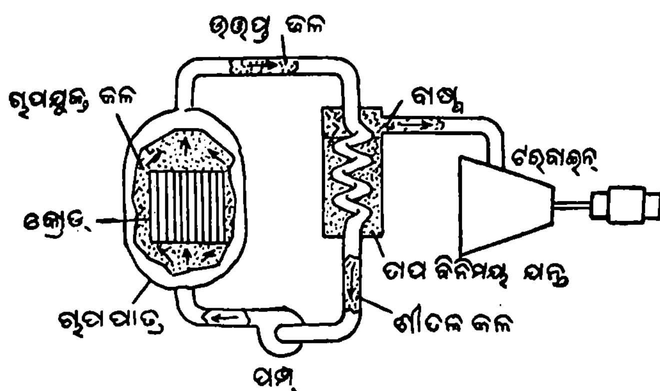
ପୃଥିବୀର କେତେଗୁଡ଼ିଏ ପାଓ୍ୱାର ରିଆକ୍ଟର ବିଷୟରେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

ଚାପଯୁକ୍ତ ଜଳ ରିଆକ୍ଟର (Pressurised Water Reactor)

ନିୟମ (Principle):—

ଚାପଯୁକ୍ତ ଜଳ ରିଆକ୍ଟରରେ ଜଳକୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଚାପରେ ରଖାଯାଏ, ଫଳ ସ୍ୱରୂପ ଜଳ ନ ଫୁଟି ରିଆକ୍ଟର କୋଡ଼ରୁ ବାହାରି ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ପୁନର୍ବାର କୋଡ଼କୁ ଫେରିଆସେ । ଜଳ କୋଡ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କଲାବେଳେ ତାପ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ । ମନ୍ଦକ ରୂପେ ଯଦି ଜଳ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ, ତେବେ ଏହା ନଫୁଟି ସ୍ଥିର ତରଳ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ତେଣୁ ସଂଚାଳିତ ଜଳ (Circulated Water)

ଉପରେ ଖୁବ ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥାଏ । ଏଥିରେ ଶୀତଳକ ଅପେକ୍ଷା ବାଷ୍ପର ଉତ୍ତାପ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି କାରଣରୁ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଭାଙ୍ଗିଯାଏ ତେବେ ବାଷ୍ପପରିପଥ (Steam Circuit)ରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ ନଚେତ୍ ବାଷ୍ପପରିପଥ ସର୍ବଦା ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଶୂନ୍ୟ ଅଟେ ।

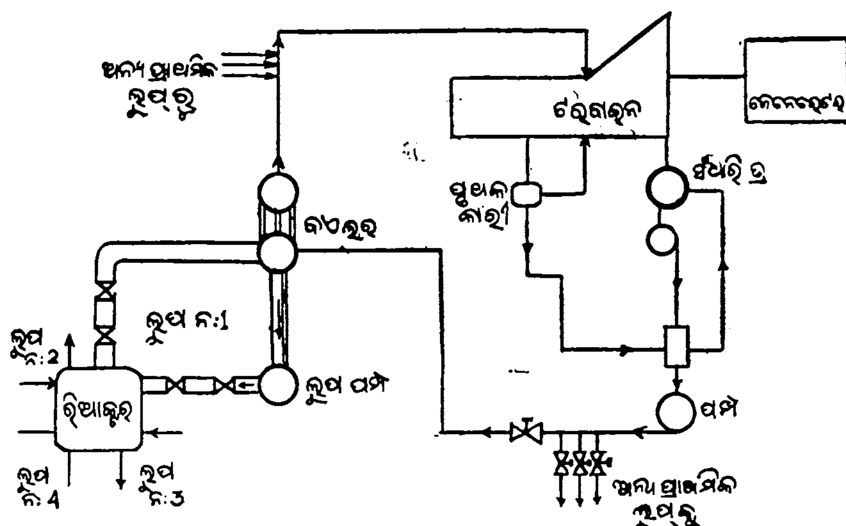


(ଚିତ୍ର ନଂ-21)

ସିପିଙ୍ଗ ପୋର୍ଟ ଆଣବିକ ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର
(The Shippingport Atomic Power Station)

ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର ଓହିଓ ନଦୀ କୂଳରେ ସିପିଙ୍ଗପୋର୍ଟଠାରେ ସର୍ବପ୍ରଥମ ବ୍ୟାପାରିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର୍ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ଏଥିରୁ ପ୍ରଥମେ 60 Mw ଓ ପରେ 100 Mw ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଛି ।

ଏହି **P.W.R** ଏକ ସମ୍ପୁଷ୍ଟ, ବିଷମଜାତୀୟ, ହାଲୁକା ଜଳ ମନ୍ଦିତ, ହାଲୁକା ଜଳ ଶୀତଳିତ, ରିଆକ୍ଟର ଅଟେ । ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିବା ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏହାକୁ ରଖା-ଯାଇଥାଏ । ସାଧାରଣତଃ ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ଗୋଟିଏ ରିଆକ୍ଟର (ତାପଉତ୍ସ), ଚାରିଗୋଟି ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳକ ଲୁପ (ତାପ ଗ୍ରହଣ କରି ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ) ଥାଏ । ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳକ ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ 3 ଗୋଟି ଲୁପ୍ ଏକ ସମୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି କିନ୍ତୁ ଚତୁର୍ଥଟି ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ନଥାଏ । ପ୍ରତି ଶୀତଳକ ଲୁପରେ ଗୋଟିଏ ବଏଲର୍, ଗୋଟିଏ ପମ୍ପ୍ ଓ କେତେଗୁଡ଼ିଏ କପାଟିକା ଥାଏ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଗୋଟିଏ ଚାପଦେବା ଯନ୍ତ୍ର (Pressuriser) ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର ଚାପ ଦିଆଯାଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 22)

ଏହି ଚାପପାତ୍ର କାର୍‌ବନ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ଏବଂ ଷ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ନିର୍ମିତ ଏବଂ ଏହାର ଉଚ୍ଚତା 31 ଫୁଟ ଓ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବ୍ୟାସ 9 ଫୁଟ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ନିମିତ୍ତ ଚାପପାତ୍ର ଘୋଡ଼ଣୀରେ 46ଟି ଛିଦ୍ର ଥାଏ । ଏହିପାତ୍ର ଅଧିକେଣି 2500 lbs/P.S.I ଚାପ ସହ୍ୟ କରିପାରେ । କିନ୍ତୁ 2000 lbs/P.S.I ଚାପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

କୋଡ଼ର ଆକୃତି ସିଲିଣ୍ଡର୍ ସଦୃଶ ଏବଂ ଏହାର ଉଚ୍ଚତା 6ଫୁଟ ଓ ବ୍ୟାସ 6ଫୁଟ ଅଟେ । ଏହି କୋଡ଼ ସିଡ୍ ଓ ବ୍ଲାଙ୍କେଟ୍ ଶ୍ରେଣୀସ୍ଥ (Seed and Blanket Type) ।

ସିଡ୍ ଇନ୍ଧନ ଏଲିମେଣ୍ଟ 6 ବର୍ଗ ଇଞ୍ଚର ଏବଂ 4ଟି ଉପ-ସମଷ୍ଟିରେ (sub-assembly)ରେ ବିଭକ୍ତ । ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଇ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ଗତିକରିବାକୁ କ୍ଷୁଦ୍ର ରନ୍ଧ୍ର ଅଛି । ବ୍ଲାଙ୍କେଟ୍ ସମଷ୍ଟି 100 ଛଡ଼ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୁଚ୍ଛ ଅଟେ ଏବଂ ଏଥିରେ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ UO_2 ରୂପରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । UO_2ର ଉତ୍ତାପ 2200°F ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୃଦ୍ଧି ପାଇପାରେ ।

(ଚିତ୍ର ନଂ 23—ଶିପିଂପୋର୍ଟ ରିଆକ୍ଟର କୋର)

ଜଳର ଉତ୍ତାପ, ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ ଠାରୁ କମ୍ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ଚାପକୁ ଯଥେଷ୍ଟ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇଥାଏ । 2000 lbs/P.S.I ଚାପରେ ଏହା କାର୍ଯ୍ୟ କରଥାଏ । ଏହି ଚାପ ଅନୁଯାୟୀ

ସମ୍ପୃକ୍ତ (Saturated) ଉତ୍ତାପ 636°F । ଯଦି ରିଆକ୍ଟର ଜଳ ଶୀତଳକର ଉତ୍ତାପ 636F°ରୁ କମ୍ ହୁଏ ତେବେ ଜଳ ଫୁଟେ ନାହିଁ । ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳକକୁ 2000 lbs/P.S.I ଚାପରେ ରିଆକ୍ଟର୍ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରିବାକୁ ପଡେ । ଏହି ଶୀତଳକ 583°F ଉତ୍ତାପରେ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତି କରି ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକକୁ କିଛି ତାପ ବିନିମୟ କରିଥାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକ 600 lbs/P.S.I ଚାପରେ ଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ସମ୍ପୃକ୍ତ ଉତ୍ତାପ 486°F । ତେଣୁ ଏ ଉତ୍ତାପରେ ଏହା ଫୁଟିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରି ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରିଥାଏ । ଏହି ବାଷ୍ପ ଟର୍‌ବାଇନ୍ ଚଳାଏ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା ଜେନେରେଟର ଚାଲେ ।

ଏହି ଚାପଯୁକ୍ତ ଜଳ ପଦ୍ଧତିର ବ୍ୟବହାର ଅନ୍ୟ ରିଆକ୍ଟରରେ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାନ ପାଇଛି । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ପୃଥିବୀର ସର୍ବପ୍ରଥମ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ବୁଡ଼ା ଜାହାଜ "ନଟିଲସ୍" (Nautilus) ଅନ୍ୟତମ । 1955 ମସିହା ଜାନୁୟାରୀ 17ରେ ସମୁଦ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ଯାତ୍ରାର ଶୁଭାରମ୍ଭ ହୋଇଥିଲା । ସେହିଦିନଠାରୁ ଏହା ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ରେକର୍ଡ ସୃଷ୍ଟି କରିଛି । ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ନିମଜ୍ଜିତ ରହି ଥରେ ମାତ୍ର ଜଳ ଉପରକୁ ନଉଠି, ଆଣ୍ଟଲାଣ୍ଟିକ୍ ମହାସାଗରକୁ ଅବିରତଭାବେ ଅତିକ୍ରମ କରି, ଏହା ବିଶ୍ୱ ରେକର୍ଡ ସୃଷ୍ଟି କରିଛି । ଥରେ ମାତ୍ର ଇନ୍ଧନ ନେଇ ଏହା 60,000 ନଟିକାଲ୍ ମାଇଲ ଗତି କରିପାରିଛି ।

ଆର୍ମିପ୍ୟାକେଜ୍ ପାଓ୍ୱାର୍ ରିଆକ୍ଟର (APPR)ରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ଚାପଯୁକ୍ତ ଜଳ ପଦ୍ଧତି ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଛି । APPR ର ଡ଼ିଜାଇନ୍ ଏପରି ହୋଇଛି ଯେ ଏହାର ସମଗ୍ର ଅଂଶ 7×7×18ଫୁଟ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବାକ୍ସରେ ରହିପାରିବେ ଏବଂ ଏହାର ସମୁଦାୟ ଓଜନ 10 ଟନ୍‌ରୁ ଅଧିକ ହେବ ନାହିଁ । ଏହାକୁ ଅନାୟାସରେ ସାମରିକ ଘାଟିକୁ ଉଡ଼ା-ଜାହାଜରେ ନିଆଯାଇପାରିବ ଏବଂ 6ମାସ ବା କମ୍ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ପୁନର୍ବାର ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇପାରିବ । ଏଥିରୁ 200kw ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

ତରଳଧାତୁ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର (Liquid Metal Cooled Reactor)

ସୋଡ଼ିୟମ୍-ଶୀତଳିତ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର (Sodium Cooled Graphite Moderated Reactor)

ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍‌ର ଉଚ୍ଚ ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ ଓ ଉତ୍ତମ ତାପ ବିନିମୟ ଧର୍ମ ହେତୁ ଏହାକୁ ଉତ୍ତମ ଶୀତଳକ ରୂପେ ଅତ୍ୟଧିକ ତାପ ବିଶିଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ କରାଯାଏ ।

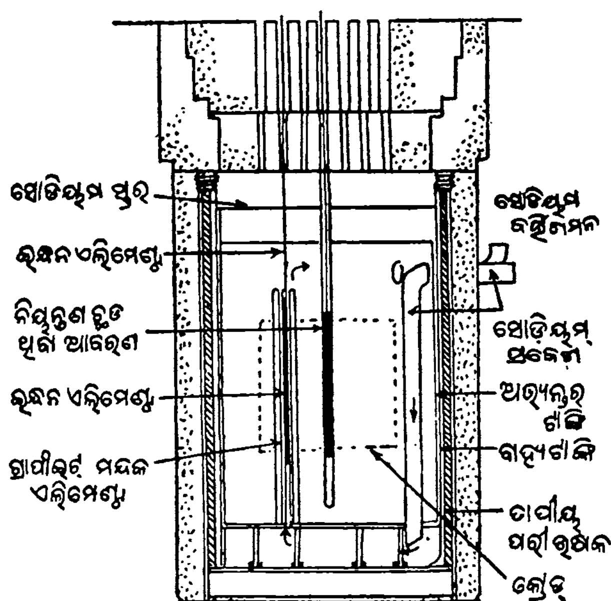
ଏହାର ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ 882°c (1620°F) । ସୁତରାଂ ଚାପ ବନ୍ଦନ ନିମିତ୍ତ ଏଥିରେ ଅଧିକ ଗ୍ଲପ ଦେବାକୁ ପଡ଼େ ନାହିଁ । ଇନ୍ଧନର ସାମାନ୍ୟ ସମୃଦ୍ଧି ସହ ଏହା ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟରରେ ଶୀତଳକ ଭାବେ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ବିଶୁଦ୍ଧ ସୋଡିୟମ୍‌ରେ ସଂକ୍ଷାରଣ (Corrosion) ହୁଏନାହିଁ ଏବଂ ଏହା ୟୁରାନିୟମ୍, ଥୋରିୟମ୍, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍, ଜିରକୋନିୟମ୍ ବାଷ୍ଟିଲ୍ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୋଇନଥାଏ ।

ସୋଡ଼ିୟମ୍ ରିଆକ୍ଟର ପ୍ରୟୋଗ (The Sodium Reactor Experiment) ।

ଏହା ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର କାଲିଫର୍ଣ୍ଣିଆ ଅନ୍ତର୍ଗତ ସାନ୍ତା ସୁସାନାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏଥିରେ ଶତକଡ଼ା 93ଭାଗ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଏବଂ ଥୋରିୟମ୍ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦକରୂପେ, ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳକ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ପ୍ରତିଫଳକ ମଧ୍ୟ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ନିର୍ମିତ । ଏହା 20MW ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ କିନ୍ତୁ 5·7MW ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତି ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ରିଆକ୍ଟର "Pool ଓ Tank" ସଦୃଶ ।

ଗ୍ରାଫାଇଟ୍‌ର 10 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତା ଓ 10 ଫୁଟ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଲମ୍ବବୃତ୍ତ ଦଣ୍ଡାୟମାନ୍ ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟରେ 6ଫୁଟ × 6ଫୁଟ ବିଶିଷ୍ଟ ସକ୍ରିୟ କୋଡ ଅଛି ଏବଂ ଏହି କୋଡ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ 2ଫୁଟର ଏକ ପ୍ରତିଫଳକ ଅଛି । 19ଫୁଟ ଗଭୀର 11ଫୁଟ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଟ୍ୟାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏହି କୋଡ଼ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଏହା ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଦ୍ୱାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ । ପ୍ରତି ମନ୍ଦକ ୟୁନିଟ୍‌ର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥକାଟ ଷଟ୍‌କୋଣୀୟ (Hexagonal) ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ଉଚ୍ଚତା କୋଡର ଉଚ୍ଚତା ସହ ସମାନ । ପ୍ରତି ମନ୍ଦକ ୟୁନିଟ୍‌ରେ 3ଟି ଷଟକୋଣୀୟ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ବ୍ଲକ ଗୋଟିକ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ରଖା ଯାଇଥାଏ । ଜିରକୋନିୟମ୍ ନିର୍ମିତ ପତଳା ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସବୁଗୁଡିକ ରହିଥାନ୍ତି ।

ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ରିଆକ୍ଟରର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଗୋଟିଏ କଂକ୍ରିଟ ପରିରକ୍ଷକ ଅଛି । ନିକେଲ ଓ ବୋରନ୍ ନିର୍ମିତ 8ଟି ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ଏହି ରିଆକ୍ଟରର ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍ ଭାବେ ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକ ଅବସ୍ଥିତ । ସୋଡ଼ିୟମ, ରିଆକ୍ଟର କୋଡ଼ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତି କଲାବେଳେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହେବାରୁ ଏହାକୁ ସିଧା ସଳଖ ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହାର କରିବା ନିରାପଦ ନୁହେଁ । ସୁତରାଂ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକ ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳକ ଏକ କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିବେଷ୍ଟକ ଦ୍ୱାରା ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକଠାରୁ

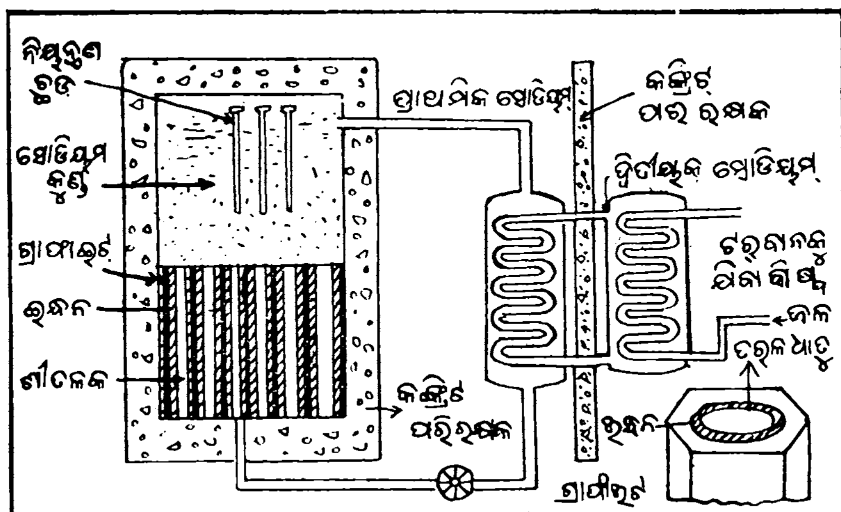


(ଚିତ୍ର ନଂ-24)

ପୃଥକ୍ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରାଥମିକ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳକ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ବ୍ଲକ ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ଇନ୍ଧନ ଏଲିମେଣ୍ଟ ମଧ୍ୟଦେଇ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ଗତିକରି ହୋତ ଉପରେ ଟାଙ୍କିରେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଏ । ଏହି ସୋଡ଼ିୟମକୁ ଅପକେନ୍ଦ୍ରୀ ପମ୍ପ (Centrifugal Pump) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରାଥମିକ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ପଠାଯାଏ । ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ ମଧ୍ୟ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକ ଅଟେ ଏବଂ ଏହା ପ୍ରାଥମିକରୁ ତାପ ଗ୍ରହଣ କରି ଦ୍ୱିତୀୟକ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଗତିକରେ । ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ଜଳ ପମ୍ପ କରାଯାଇ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏହି ବାଷ୍ପକୁ ଟରବାଇନ୍‌କୁ ପଠାଯାଏ ।

ଦ୍ୱିତୀୟକ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦକ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

ତରଳ ଧାତୁ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର ହେବା ଦ୍ୱାରା ବହୁ ଉପକାର ସାଧିତ ହୁଏ । ଏହା ଦ୍ୱାରା ଅତି ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପ ପ୍ରାପ୍ତି ହୋଇଥାଏ । ଏତଦ୍ ବ୍ୟତୀତ ଏହାର ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଅସୁବିଧା ହୁଏ । ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଯଦି ଜଳ ବା ବାୟୁ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସେ ତେବେ ଏଥିରେ କ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏଥିପ୍ରତି ସାବଧାନ ହେବା



(ଚିତ୍ର ନଂ-25)

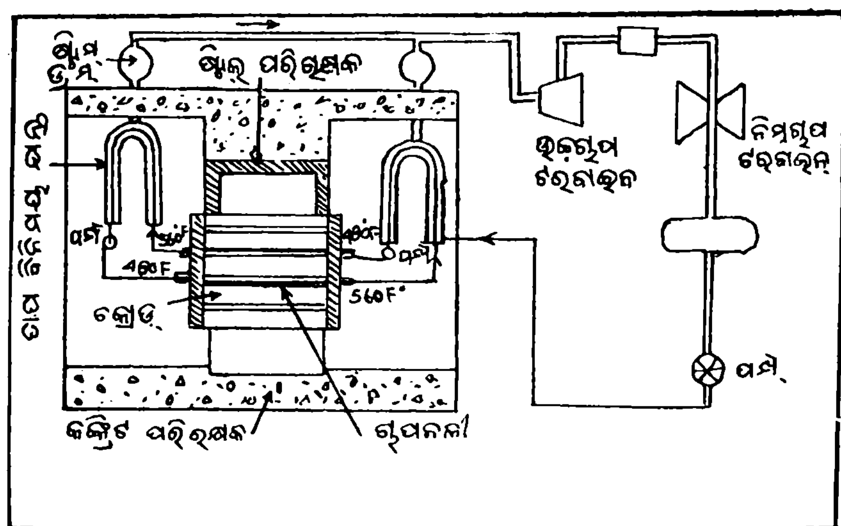
ଉଠେ । ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରୁ ଜଳ ବା ଗ୍ୟାସ ତୁଳନାରେ ଏହା ଅଧିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ରୂପେ ବହିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଏଥି ନିମିତ୍ତ ପରିରକ୍ଷକର ସୁ ବ୍ୟବସ୍ଥା କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ ଭାରି ଜଳ ରିଆକ୍ଟର
(Natural Uranium Heavy Water Reactor)

ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ପାୱାର ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ ଓ ମାଡ୍ରାସ ଆଣବିକ ପାୱାର ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ କାନାଡ଼ାର ଡଗଲାସ ପଏଣ୍ଟ ପାୱାର ରିଆକ୍ଟର (CANDU)ର ଅନୁରୂପ ।

ରିଆକ୍ଟରରେ ହାଲୁକା ଜଳ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଲେ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଭାରତ ଭଳି ଦେଶରେ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏନାହିଁ, କାରଣ ଏହା ବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ । ଏହା ସ୍ଥାନରେ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଏଥିସହ ଭାରି ଜଳ ବା ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦକ ସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି । ଭାରତରେ ରାଜସ୍ଥାନ ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଏକ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ଭାରି ଜଳ ମନ୍ଦିତ ଚାପ ଉଷ୍ମ ।

କାନାଡ଼ାର ଓଣ୍ଟାରିଓରେ ଡଗଲସ ପଏଣ୍ଟ ପାଓ୍ୱାର କେନ୍ଦ୍ର ଅବସ୍ଥିତ । ଏଥିରେ କେବଳ ଏକମାତ୍ର ରିଆକ୍ଟର ଅଛି ଏବଂ ଏହା ଚାପନଳୀ ଶ୍ରେଣୀସ୍ଥ (Presures Tube Type) । ଏଥିରେ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ, ଭାରୀ ଜଳ ମନ୍ଦକ, ପ୍ରତିଫଳକ ଓ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି । CANDU ରିଆକ୍ଟରରେ ଶୀତଳକ ଉପରେ ଚାପ ଦିଆଯାଏ । ଶୀତଳକ ନଳୀକୁ ଚାପ ନଳୀ କହନ୍ତି ଏବଂ ଏହା ଅତ୍ୟଧିକ ଚାପ ସହ୍ୟ କରିଥାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ରିଆକ୍ଟର ଉପରେ ଚାପଦେବା ଅନାବଶ୍ୟକ । 690 Mw ତାପଜ ଶକ୍ତି ଓ 200 Mw ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-26)

କୋର ଭୂ-ସମାନ୍ତରାଳ ଏକ ସିଲିଣ୍ଡର ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଜିର କାଲୟ-2 ଦ୍ୱାରା ନିର୍ମିତ 306ଟି ଚାପନଳୀ ଅଛି । ପ୍ରତି ଚାପ ନୀଳରେ 12 ଟି ଗୁଚ୍ଛ ଏବଂ ପ୍ରତି ଗୁଚ୍ଛରେ 19ଟି ଛଡ ଅଛି । ଭାରୀଜଳ, ରିଆକ୍ଟରରେ ଉଭୟ ମନ୍ଦକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଚାପନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଭାରି ଜଳକୁ ଅତି ଚାପସହ ପଠାଯାଇ ଇନ୍ଧନଗୁଚ୍ଛକୁ ଶୀତଳ କରାଯାଇଥାଏ । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କ୍ଷମ ଧାତୁରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ ନିର୍ମିତ ଏବଂ ରିଆକ୍ଟର ଏହି ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ଦ୍ୱାରା ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ । 8.25 ସେ.ମି ମୋଟା ଷ୍ଟିଲ ଏବଂ 229

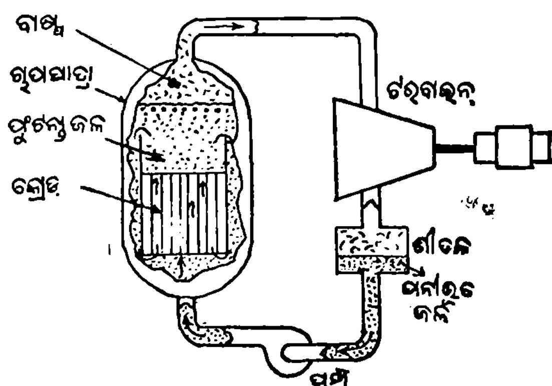
ସେ.ମି ଭିତ କଂକ୍ରିଟର ପରିରକ୍ଷକ ମଧ୍ୟରେ ସିଲିଣ୍ଡର ସଦୃଶ କଂକ୍ରିଟ କୋଠା ଏବଂ ଅର୍ଦ୍ଧ ଗୋଲକାର ଗମ୍ବୁଜ (Hemispherical Dome) ମଧ୍ୟରେ ଏହି ରିଆକ୍ଟର ସଜ୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଶୀତଳକ ଗୁରୁଜଳ, ଚାପନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଗତିକରି ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ସଂଚାଳିତ ଜଳକୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିଥାଏ । ବାଷ୍ପ ପ୍ରଥମେ ଉଚ୍ଚଚାପ ଟରବାଇନ୍ ଆଡ଼କୁ ଏବଂ ପରେ ବାଷ୍ପ ପୃଥକକ (Steam Separator) ମଧ୍ୟଦେଇ ଓ ପରିଶେଷରେ ନିମ୍ନଚାପ ଟରବାଇନ୍ ଆଡ଼କୁ ଗତି କରିଥାଏ । ଅନାବଶ୍ୟକ ବାଷ୍ପ ଶୀତକ (Condenser)ରେ ଘନୀଭୂତ (Condensed) ହୋଇ ପୁନର୍ବାର ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ସଂଚାଳିତ ହୋଇ-ଥାଏ । ଏଥିରେ ଏହିପରି ୪ଟି ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଅଛି ।

ଏହି ରିଆକ୍ଟରରେ ଇନ୍ଧନ ସମୃଦ୍ଧ ହେବା ଅନାବଶ୍ୟକ । ରିଆକ୍ଟର ପାତ୍ର ନିମ୍ନଚାପ ସହ୍ୟ କରିବା ଭଳି ନିର୍ମିତ ହୋଇପାରେ ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟୟ କମ୍ । ଏହି ସୁବିଧାଗୁଡ଼ିକ ସହ ଏହାର ଏକମାତ୍ର ଅସୁବିଧା ଏହି ଯେ ଏହାର ଆକାର ଖୁବ୍ ବଡ଼ ଅଟେ ।

ଫୁଟନ୍ତା ଜଳ ରିଆକ୍ଟର (Boiling Water Reactor)

ନିୟମ :—

ରିଆକ୍ଟର ପାତ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଇନ୍ଧନ ଏଲିମେଣ୍ଟ ଜଳକୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବାଦ୍ୱାରା ଜଳ ଫୁଟିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ରିଆକ୍ଟର ଉପର ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ଉପରେ ବାଷ୍ପ ସଂଗୃହୀତ ହୁଏ ଏବଂ ଏକ ପାଇପ୍ ମଧ୍ୟଦେଇ ଟରବାଇନକୁ ଗତିକରେ । ଟରବାଇନରେ ସଂପ୍ରସାରିତ



(ଚିତ୍ର ନଂ-27)

ହେବାପରେ ବାଷ୍ପ ଘନୀଭୂତ ହୋଇ ଜଳରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ଉତ୍ତାପରେ ପୁନର୍ବାର ରିଆକ୍ଟର ପାତ୍ରକୁ ଫେରିଆସେ । ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରୁ ଟରବାଇନ୍‌କୁ ସିଧା ସଳଖ ବାଷ୍ପ ପଠାଇବାକୁ ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ଚକ୍ର (Direct Cycle) କହନ୍ତି ।

ସୁବିଧା—

(1) ଟରବାଇନ୍ ଅପେକ୍ଷା ରିଆକ୍ଟର ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବାଷ୍ପର ଚାପ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ଟରବାଇନ୍‌କୁ 600 lbs/P.S.I ଚାପରେ ବାଷ୍ପ ପଠାଇବା ପାଇଁ ରିଆକ୍ଟର ଚାପ ପାତ୍ରକୁ କେବଳ 600 slb/P.S.I ଚାପ ସହ୍ୟ କରିବାକୁ ପଡେ । ସିପିଙ୍ଗ ପୋର୍ଟ ଚାପଯୁକ୍ତ ରିଆକ୍ଟର ସଦୃଶ ଚାପମାତ୍ରାକୁ ଆଉ 2000 lbs/P.S.I ଚାପ ସହ୍ୟ କରିବାକୁ ପଡେ ନାହିଁ । ଫଳ ସ୍ୱରୂପ ଅଳ୍ପ ପତଳା ଷ୍ଟିଲ୍ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବ୍ୟୟ ମଧ୍ୟ କମ୍ । ଏହାଦ୍ୱାରା ସ୍ୱଳ୍ପ ବ୍ୟୟରେ ନିରାପତ୍ତା ରକ୍ଷା କରାଯାଇପାରେ ।

(2) ରିଆକ୍ଟର ଓ ଟରବାଇନ୍ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ରଖା ଯାଇ ନଥିବାରୁ ନିର୍ମାଣ ବ୍ୟୟ ମଧ୍ୟ କମ୍ ଅଟେ ।

(3) ତରଳ ଶୀତଳକକୁ ପରିପଥ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ପଠାଇବା ପାଇଁ ବଡ଼ ପମ୍ପ ଅନାବଶ୍ୟକ । କାରଣ ବାଷ୍ପ ପ୍ରାକୃତିକ ପରିଚାଳନ ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ସଂଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଘନୀଭୂତ ଜଳ ଖୁବ୍ କମ୍ ପରିମାଣରେ ହୋଇଥିବାରୁ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ପମ୍ପ ଏହାକୁ ରିଆକ୍ଟରକୁ ପଠାଇବାକୁ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ଅସୁବିଧା—

(1) ଇନ୍ଧନରୁ ବୁଦ ବୁଦ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜଳକୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହେବାରେ ଅନିଶ୍ଚିତତା ଦେଖାଦିଏ । ବାଷ୍ପର ଏକ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍ ସମଆୟତନ ଜଳ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ତାପ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ ।

(2) ବୁଦ୍‌ବୁଦ କ୍ଷିପ୍ର ତଥା ଅନିୟମିତ ଗତି ହେତୁ ରିଆକ୍ଟରର ମନ୍ଦକ ଓ ଶୀତଳକ ମଧ୍ୟରେ ବହୁ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ମନ୍ଦକର ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ସେଠାକାର ମନ୍ଦକ ଘନତ୍ୱ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ଏବଂ ମନ୍ଦକର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ ଧର୍ମ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ ।

(3) ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ଚକ୍ର (Direct Cycle) ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ମଧ୍ୟ ଅଛି ।

ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ ଚକ୍ରର ଅସୁବିଧାର ଦୂରୀକରଣ ନିମିତ୍ତ ଦ୍ୱିପକ୍ଷ ଚକ୍ର (Dual Cycle) ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏଥିରେ କେତେକ ଅସୁବିଧା ରହିବାରୁ ଟରବାଇନ୍ ଓ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ଚାପ ସମନ୍ୱୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଲଗା ଯାଇଥାଏ । ପରିବର୍ଦ୍ଧିତ ଓ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇ ଫୁଟନ୍ତା ଜଳ ରିଆକ୍ଟର ବର୍ତ୍ତମାନ ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସିଛି ଯାହାର ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇପାରୁଛି ।

ତାରାପୁର ଆଣବିକ ପାୱାର ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ ରିଆକ୍ଟର

ଭାରତର ସର୍ବ ପ୍ରଥମ ଆଣବିକ ପାୱାର ରିଆକ୍ଟର ତାରାପୁରଠାରେ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ, ଏବଂ ଏହା ଫୁଟନ୍ତା ଜଳ ରିଆକ୍ଟର ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ।

(ଚିତ୍ର ନଂ-28)

ଇନ୍ଧନ ସମାନ୍ୟ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅଟେ । ଏହି ଇନ୍ଧନ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଛଡଗୁଚ୍ଛ ଭାବେ ନିର୍ମିତ ହୋଇଥିବାରୁ ତାପ ଅପହରଣ ଏହାଦ୍ୱାରା ଅଧିକ ହୁଏ । ସାଧାରଣ ଜଳ

ଉଭୟ ମନ୍ଦକ ଓ ଶୀତଳକର କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ତାପ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବାପରେ ରିଆକ୍ଟର କୋଡ ମଧ୍ୟରେ ଜଳ ଫୁଟିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ଜଳ ଓ ବାଷ୍ପର ମିଶ୍ରଣ ବାଷ୍ପ ପୃଥକକକୁ ପଠାଯାଏ । ରିଆକ୍ଟର ଓ ଟରବାଇନ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ବାଷ୍ପ ପୃଥକକ ଥିବାରୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍‌ ଗୁଡ଼ିକ ବାଷ୍ପରୁ ପୃଥକ୍ ହୋଇଥାନ୍ତି । ବାଷ୍ପ ଉଚ୍ଚ ଚାପରେ ଟରବାଇନର ଉଚ୍ଚଚାପ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଯାଇଥାଏ ଏବଂ ପୃଥକୀକୃତ ଜଳ ବାଷ୍ପ ଜେନେରେଟର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଲଘୁଚାପ ବିଶିଷ୍ଟ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଟରବାଇନର ଲଘୁଚାପ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଯାଇଥାଏ । ଟରବାଇନ ଦ୍ୱାରା ପରିତ୍ୟକ୍ତ ବାଷ୍ପ ଘନୀଭୂତ ହୋଇ ଜଳରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଜଳ ଆବଶ୍ୟକତା ଅନୁଯାୟୀ ରିଆକ୍ଟରକୁ ବା ବାଷ୍ପ ଜେନେରେଟରକୁ ପଠାଯାଏ ।

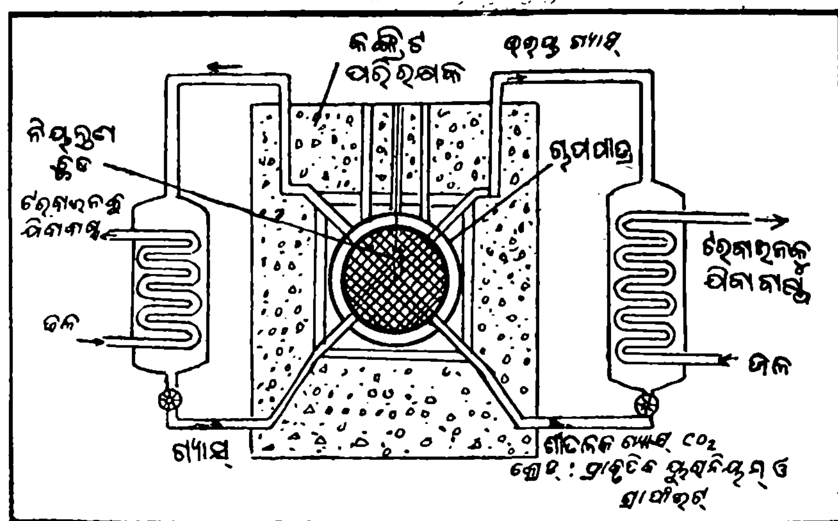
ଚାପପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଜଳ ଫୁଟିବା ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବାରୁ ଆଉ ଅଧିକ ଚାପଦେବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏନାହିଁ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଚାପପାତ୍ର, ପମ୍ପ ଓ ପାଇପର ନିର୍ମାଣ ବ୍ୟୟ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି କାରଣ ବଶତଃ ରିଆକ୍ଟର ଉତ୍ତାପ ହଠାତ୍ ବୃଦ୍ଧିହୁଏ, ତେବେ ସଂଗେ ସଂଗେ ଜଳରେ ବାଷ୍ପର ମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଜଳ ମନ୍ଦକ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବାରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍‌କୁ ମନ୍ଦିତ କରି ତାପକୁ କମାଇ ଦେଇଥାଏ । ଫଳରେ ଏହି ସାମୟିକ ତାପ ବୃଦ୍ଧିରେ କୌଣସି କ୍ଷତି ହୋଇ ନଥାଏ । ଏହା ଏକ ସ୍ୱୟଂ-ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କ୍ରିୟା ।

ତାରାପୁରର ଦୁଇ ରିଆକ୍ଟର ୟୁନିଟ୍‌ରୁ 1,322,000 Kw ତାପଜ ଶକ୍ତି ଏବଂ 380,000 Kw ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥାଏ ।

ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର (Gas-Cooled Reactor)

ରିଆକ୍ଟରରେ ଜଳ ବ୍ୟତୀତ ଗ୍ୟାସ୍ ମଧ୍ୟ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ପାରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଇଂଲଣ୍ଡର ସମରସେଟ୍‌ଠାରେ ହିଙ୍କଲେ ପଏଣ୍ଟ୍ ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ଅବସ୍ଥିତ । ଏଠାକାର ଦୁଇଟିଯାକ ରିଆକ୍ଟର ପ୍ରତ୍ୟେକ 954 Mw ତାପଜଶକ୍ତି ଏବଂ 248 Mw ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ କରିଥାନ୍ତି । ଏଥିରେ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ଏବଂ କାରବନ୍ ଡାଇ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଏହି ରିଆକ୍ଟର 67 ଫୁଟ୍ ଲମ୍ବ କାରବନ୍ ଷ୍ଟିଲ ନିର୍ମିତ ଚାପପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଏଥିରେ 369 ଟନ୍ ୟୁରାନିୟମ୍ ଓ ପ୍ରାୟ 2,000 ଟନ୍ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ଥାଏ । କୋଡ଼ 24-ପାର୍ଶ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଚଟକ୍ (Prism) ଅଟେ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ଦ୍ୱାରା ରିଆକ୍ଟରର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇ ଥାଏ । 3 ମିଟର ମୋଟା କଂକ୍ରିଟ ପରିରକ୍ଷକ ରିଆକ୍ଟର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱକୁ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଏହା ଉଭୟ ତାପୀୟ ଓ ଜୈବିକ ପରିରକ୍ଷକର କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । CO_2



(ଚିତ୍ର ନଂ-29)

ଶୀତଳକକୁ ଅତି ଉଚ୍ଚ ଚାପରେ ପଠାଯାଏ । ଇନ୍ଧନ ଛଡ଼କୁ ଘେରିଥିବା ନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଶୀତଳକ ଗତି କରି ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କ୍ରୋଡ଼ରୁ ଉତ୍ତପ୍ତ CO_2 ଗ୍ୟାସ୍ ବହିର୍ଗତ ହୋଇ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ପ୍ରବେଶ କରେ ଏବଂ ଏଠାରେ ସଂଚାଳିତ ଜଳକୁ ତାପସ୍ଥାନାନ୍ତର କରି ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ କରିଥାଏ । ଏହିପରି 6ଟି ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଅଛି । ଉଚ୍ଚଚାପ ବାଷ୍ପ ଟରବାଇନ୍‌ର ଉଚ୍ଚଚାପ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଏବଂ ଲଘୁଚାପ ବାଷ୍ପ ଟରବାଇନ୍‌ର ଲଘୁଚାପ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଯାଇ ଟରବାଇନ୍‌କୁ ଚଳାଇଥାନ୍ତି ।

CO_2 ବ୍ୟବହାରର କେତେକ ସୁବିଧା ଅଛି । ହିଲିୟମ୍ ଓ CO_2 ଭଳି ଆଉ କେତେକ ଗ୍ୟାସ୍ ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମିତ ପଦାର୍ଥ ସହ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା କରି ନ ଥାନ୍ତି । ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତି କଲାବେଳେ ମଧ୍ୟ ଏମାନେ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ନ ଥାନ୍ତି । ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣର ଜଳ ମିଳୁ ନ ଥିବା ସ୍ଥାନମାନଙ୍କରେ ଏ ପ୍ରକାର ଗ୍ୟାସ-ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟରକୁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ ।

ଜୈବ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର
(Organic Moderated and Cooled Reactor)

ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର ପିକ୍‌ଵା (Piqua) ନଗରୀ ନିକଟରେ ପିକ୍‌ଵା ନିଉକ୍ଲିୟର ପାୱାର ଫାସିଲିଟି (PNPF) ଅବସ୍ଥିତ । ଇନ୍ଧନ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ ଓ ଜୈବ, ଶୀତଳକ ଓ ମନ୍ଦକ ଅଟେ । ଏଥିରୁ 45·5 Mw ତାପଶକ୍ତି ଏବଂ 11·4 Mw ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଚାପପାତ୍ର
ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼
ଇନ୍ଧନ ଛଡ଼
ତାପୀୟ ପରିରକ୍ଷକ
କଙ୍କ୍ରିଟ ପରିରକ୍ଷକ
ପମ୍ପ
ବାଷ୍ପ
ଟରବାଇନ
ଜେନେରେଟର
ଜଳ
ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର

(ଚିତ୍ର ନଂ-30)

ୟୁରାନିୟମ୍ ଷ୍ଟିଲ୍

ଇନ୍ଧନ ଏଲିମେଣ୍ଟ
(ଚିତ୍ର ନଂ-30 (a))

କାରବନ୍ ଷ୍ଟିଲ ନିର୍ମିତ ସିଲିଣ୍ଡରାକୃତି ଚାପପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ 85 ଗୋଟି ଇନ୍ଧନ ଏଲିମେଣ୍ଟ ନେଇ ରିଆକ୍ଟର କୋର ଗଠିତ । ପ୍ରତି ଏଲିମେଣ୍ଟରେ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍—ମଲିବଡେନମ୍ ମିଶ୍ରଧାତୁ ନିର୍ମିତ ଦୁଇଟି ଏକକେନ୍ଦ୍ରୀ ସିଲିଣ୍ଡର ଥାଏ । ଏହି ମିଶ୍ର ଧାତୁରେ u—235 ଶତକଡ଼ା 1·94 ଭାଗ, ମଲିବଡେନମ୍ ଶତକଡ଼ା 3·5 ଭାଗ ଏବଂ ଅଳ୍ପକିଛି ଆଲୁମିନିୟମ୍ ଥାଏ । ଶୀତଳକ ଓ ମନ୍ଦକ ଅରଥୋ-ମେଟା ଟରଫିନାଇଲ୍ (Ortho-meta terphenyl) ଓ ପାରାଥରଫିନାଇଲ୍ (Paratherphenyl)ର ଏକ ମିଶ୍ରଣ ଅଟେ । ଏହି ମିଶ୍ରଣକୁ 120 lbs/P.S.I ଚାପରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଶୀତଳକ ପ୍ରତିଫଳକର କାର୍ଯ୍ୟ ମଧ୍ୟ କରିଥାଏ । ଇନ୍ଧନ ଏଲିମେଣ୍ଟକୁ ଘେରି ରହିଥିବା ନଳୀ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଶୀତଳକ ନିମ୍ନଗାମୀ ହୋଇଥାଏ । ଉତ୍ତପ୍ତ ଶୀତଳକ ରିଆକ୍ଟରରୁ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ପ୍ରବେଶ କରି ଅନ୍ୟ ପଦ୍ଧତି ଜଳ ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିଥାଏ । ବିଶୁଦ୍ଧୀକରଣ ପରେ,

ଶୀତଳକକୁ ପୁନର୍ବାର ରିଆକ୍ଟରକୁ ପଠାଯାଇଥାଏ । 13ଟି ବୋରନ ନିର୍ମିତ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ଦ୍ୱାରା ରିଆକ୍ଟରକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରାଯାଇଥାଏ । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବିକିରଣରୁ ରକ୍ଷା ପାଇବା ନିମିତ୍ତ 3 ମିଟର ମୋଟା କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିରକ୍ଷକ ରିଆକ୍ଟର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଘେରି ରହିଥାଏ ।

ସୁବିଧା—

ତରଳ ଜୈବ ମଧ୍ୟରେ ଉଦ୍‌ଜାନ ଥିବାରୁ ଏହା ଉତ୍ତମ ମନ୍ଦକ ତଥା ଶୀତଳକ ଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । କୋର୍‌ର ଆୟତନ ହ୍ରାସ ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟ ସ୍ୱଳ୍ପ ବ୍ୟୟରେ ନିର୍ମିତ ହୋଇପାରିବ ।

ଏହି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ନିମ୍ନ କାର୍ବନ ଷ୍ଟିଲକୁ ସଂକ୍ଷାରିତ କରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଷ୍ଟେନ୍‌ଲେସ ଷ୍ଟିଲ୍ ଆଉ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ । ଫଳରେ ବ୍ୟୟ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଅମ୍ଳଜାନ ନ ଥିବାରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରିବା ପରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହୋଇ ନଥାନ୍ତି । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ଶୀତଳକ ପାଇପ୍ ବା ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିରକ୍ଷକ ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ଅସୁବିଧା—

ଏହି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଉତ୍ତମ ତାପସ୍ଥାନାନ୍ତରର ମାଧ୍ୟମ ନୁହେଁ । ବଡ଼ ବଡ଼ ପମ୍ପ ଓ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ଟେରଫିନାଇଲ୍ ସାଧାରଣ ଉତ୍ତାପରେ କଠିନ ଅଟେ । ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଏହାକୁ ତରଳାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ ।

ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପରେ ଜୈବ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ଅଧିକ । ସୁତରାଂ ଦୁର୍ଘଟନା ନ ଘଟିବା ନିମିତ୍ତ ଯତ୍ନଶୀଳ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟର (Fast Reactor)

କ୍ରମେ କ୍ରମେ ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟର ଓ ତୀବ୍ର ପ୍ରଜନନ ରିଆକ୍ଟରର ଗୁରୁତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଛି ।

ଅନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ବିଭଜନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଅପେକ୍ଷା ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମର ବିଭଜନରୁ ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଗୁଣାଙ୍କ ଅଧିକ ଏବଂ ଏହାକୁ ରିଆକ୍ଟର ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନର ଉପଯୋଗ ସର୍ବାପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୋଇପାରିବ । ଏଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ରଖି ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟର ଗୁଡ଼ିକ ନିର୍ମିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ପ୍ରଜନନ ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟକ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁର ଉପଯୋଗ ହୋଇଥାଏ, ତା ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ସମଜାତୀୟ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ (ଯଥା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ଅଧିକ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ପ୍ରାପ୍ତି ହୁଏ) । ଯଦି ପ୍ରାପ୍ତ ଇନ୍ଧନ, ବ୍ୟବହୃତ ଇନ୍ଧନ ଅପେକ୍ଷା ଭିନ୍ନ ହୁଏ (u—235 ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ) । ତେବେ ଏହାକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପଦ୍ଧତି (Conversion Process) କହନ୍ତି । ପ୍ରଜନନ ବା ପରିବର୍ତ୍ତକ ଭାବେ ରିଆକ୍ଟରର ଦକ୍ଷତା ଏହାର ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ (Breeding Ratio) ଓ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ (Conversion Ratio) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ମିଳିତ ଭାବେ ଏହି ଅନୁପାତ ଦ୍ୱୟକୁ ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ ।

ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିବା ବିଭଜନୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା

ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିବା ବିଭଜନୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା ଯଦି ପ୍ରାପ୍ତ ଏବଂ ବ୍ୟବହୃତ ଇନ୍ଧନ ପରସ୍ପରଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହୁଏ ତେବେ ଏହି ଅନୁପାତକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ (C·R) ଏବଂ ଯଦି ଉଭୟେ ସମଜାତୀୟ ତେବେ ଏହାକୁ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ (B.R) କହନ୍ତି । ପ୍ରତି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ ଦ୍ୱାରା ଇନ୍ଧନରୁ η ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏ ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ ଗୋଟିଏ ଇନ୍ଧନରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ନୂତନ ବିଭଜନ କରିଥାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟାରୁ ଅତିବେଶୀ $\eta-1$ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉର୍ବର ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇପାରିବେ । ଯଦି ଏହି ସମସ୍ତ $\eta-1$ ନିଉଟ୍ରନକୁ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ ତେବେ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ,

$$(B.R)_{Max} = \frac{\eta-1}{1} \text{ ଅଟେ ।}$$

ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତର ତାଲିକା ପରପୃଷ୍ଠାରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

ସାରଣୀ—6

ଇନ୍ଧନ (Fuel)	η_t (ପ୍ରତିବିଭାଜନର ତାପୀୟ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା)	$(BR)_{Max}$(ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ)
u—233	2·33	1·31
u—235	2·08	1·08
Pu—239	2·03	1·03

ବ୍ୟାବହାରିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ସମସ୍ତ $\eta-1$ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଉର୍ବର ବସ୍ତୁ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ନଥାନ୍ତି । ଏ ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ଶୀତଳକ, ମନ୍ଦକ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଆଉ କେତେକ ସୀମିତ ରିଆକ୍ଟରରୁ ବହିର୍ଗତ ହୋଇ ଖସି ପଳାଇଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ପ୍ରଜନନ ବା ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ 1ରୁ ଅଧିକ ହେବା ନିମିତ୍ତ ଅବଶୋଷଣ ଓ ଲିକେଜ୍ ଦ୍ୱାରା ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ କ୍ଷତି ହ୍ରାସ ପାଇବା ଅବଶ୍ୟକ ।

ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ Pu—239 ନିମିତ୍ତ 1·70 ହୋଇପାରେ । ଅର୍ଥାତ୍ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ସହ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ ।

ବିଭିନ୍ନ ଶ୍ରେଣୀର ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟର ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ପୂର୍ବରୁ Pu—239 ଓ u—238 ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରରେ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ସଂତୁଳନ (Neutron Balance) କିପରି ହୁଏ ତାହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରଥମେ Pu—239 ପ୍ରାଥମିକ ନାଇକ୍ଲିୟସ୍ ଇନ୍ଧନର ଆଲୋଚନା ହେଉ । ପ୍ରାଥମିକ ଇନ୍ଧନର ପ୍ରତି ନାଇକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭାଜନରୁ γ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି, ଏବଂ u—238 ନାଇକ୍ଲିୟସରୁ $F\gamma'$ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଏଠାରେ F, ବିଭାଜିତ u—238 ନାଇକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଖ୍ୟା, ଏବଂ γ', ପ୍ରତି n—238 ନାଇକ୍ଲିୟସ୍ ବିଭାଜନରୁ ମୁକ୍ତ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା । ତେଣୁ ସର୍ବମୋଟ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା

$$\gamma + F\gamma'$$

ପ୍ରତି ପ୍ରାଥମିକ ଇନ୍ଧନର ବିଭାଜନ ନିମିତ୍ତ ଗୋଟିଏ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ଏବଂ ∝—ସଂଖ୍ୟକ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାଥମିକ ଇନ୍ଧନରେ ବିଭାଜନ ନକରି ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

A ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଶୀତଳକ ଇତ୍ୟାଦିରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । L ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଲିକେଜ୍‌ଦ୍ୱାରା ରିଆକ୍ଟରରୁ ପଳାଇଥାନ୍ତି ଏବଂ F ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ u—238ରେ ଅ ଶୋଷିତ ହୋଇ ବିଭଜନ କରାଇଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ପ୍ରଜନନ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରୁ ନଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା

$$1+\alpha+A+L+F$$

ଉପଯୋଗ ହୋଇଥିବା ପ୍ରାଥମିକ ଇନ୍ଧନମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ବିଭଜନ କରିଥାଏ ଏବଂ ∝ସଂଖ୍ୟକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ମଧ୍ୟ ବିଭଜନ କରି ନ ଥାନ୍ତି ସୁତରାଂ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ

$$B{\cdot}R=\frac{\gamma+F\gamma'-(1+\alpha+A+L+F)}{1+\alpha}$$

$$=\frac{-1\gamma-\alpha-A-L+F(\gamma'-1)}{1+\alpha}$$

ରିଆକ୍ଟର କୋରରେ ମନ୍ଦକ ସଦୃଶ ଆଉ କେତେକ ବସ୍ତୁ ନିଉଟ୍ରନ୍‌କୁ ଅବଶୋଷଣ କରିଥାନ୍ତି । ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟରରେ ମନ୍ଦକ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟରରେ ଏହି ମନ୍ଦକ ଅନାବଶ୍ୟକ । ସୁତରାଂ ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟରର ବିଶେଷତ୍ୱଗୁଡ଼ିକ ହେଲା ଏହାର କ୍ଷୁଦ୍ର ଆକୃତି, ଅତି ସମୃଦ୍ଧ ଇନ୍ଧନ; ଅତି ଉଚ୍ଚ ତାପ ପ୍ରାପ୍ତି ଏବଂ ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରାପ୍ତି ।

କୋର୍‌ରେ ମନ୍ଦକ ନଥିଲେ ଏହାର ଆକୃତି କ୍ଷୁଦ୍ର ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଅତି ସମୃଦ୍ଧ ଇନ୍ଧନ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । କୋର୍‌ରେ ଅତି କମ୍‌ରେ ଶତକଡ଼ା 20 ରୁ 25 ଭାଗ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ Pu—239 ବା u—235 ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଇନ୍ଧନର ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ ଉର୍ବର ବସ୍ତୁଦ୍ୱାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ । ଏହାଦ୍ୱାରା ବିଭଜନ ବସ୍ତୁର ପ୍ରଜନନ କୋର୍‌ରେ ଓ ତାର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ଆବରଣ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ନିଉଟ୍ରନ୍ ନୂତନ ବିଭଜନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ମିଳିଥାନ୍ତି । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟାକୁ ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ବଢାଇ ଦିଆ ଯାଇପାରେ । u—238 ସାଧାରଣ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭକ୍ତ ହୁଏନାହିଁ, କିନ୍ତୁ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ସାମାନ୍ୟ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ସେଥିନିମିତ୍ତ ପ୍ରଥମରେ u—238ର କିଛି ଅଂଶ କୋର ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ ଏବଂ ଏହାର ବିଭଜନରୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ । ଦ୍ୱିତୀୟରେ u—238କୁ କୋର୍ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ପ୍ରତିଫଳକ ଆବରଣ (Reflecting Blanket) ଭାବେ ରଖାଯାଏ, ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା ଖସି ପଳାଉଥିବା ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ କୋର୍ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କରିପାରିବେ । ଏହି ଆବରଣ ଦ୍ୱାରା କୋର୍‌ର କ୍ରାନ୍ତିକ

ଆକାର ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଯେଉଁ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଏପରି ପ୍ରତିଫଳିତ ନ ହୁଅନ୍ତି ସେଗୁଡ଼ିକ u–238 ଆବରଣ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ନୂତନ ବିଭଜନୀୟ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି । ନୂତନ ଇନ୍ଧନ ସୃଷ୍ଟି ନିମନ୍ତେ ଆବରଣ ଯଥେଷ୍ଟ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

ଫାଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟରର ଆଉ ଏକ ବିଶେଷତ୍ୱ ହେଲା ଇନ୍ଧନରୁ ଅତି ଉଚ୍ଚ ତାପ ପ୍ରାପ୍ତି । କୋର କ୍ଷୁଦ୍ର ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଏଥିରୁ ଅତ୍ୟଧିକ ତାପ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଫାଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟରର ବ୍ୟୟ ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କଲେ ଜଣାଯାଏ ଯେ ସମୃଦ୍ଧ ଇନ୍ଧନ ବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ । ବ୍ୟୟ ହ୍ରାସ ନିମନ୍ତେ ଇନ୍ଧନର ପରିମାଣକୁ କମାଇବାକୁ ପଡ଼ିବ । ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର ନିମନ୍ତେ ସର୍ବପ୍ରଥମ ଆବଶ୍ୟକତା ହେଲା ଯେ ଏହା ଯେତିକି ଇନ୍ଧନ ବ୍ୟବହାର କରିବ, ତଦପେକ୍ଷା ଅଧିକ ଇନ୍ଧନ ସୃଷ୍ଟି କରିବ । ଏହା କରିବା ନିମିତ୍ତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ C, 1ରୁ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଯଦି $C=1{\cdot}5$ ହୁଏ ତେବେ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡ ଇନ୍ଧନ ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା 1·5 ପାଉଣ୍ଡ ନୂତନ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏଥିରୁ 1 ପାଉଣ୍ଡ, ଉପଯୋଗ ହୋଇଥିବା ଇନ୍ଧନର ସ୍ଥାନ ପୂରଣ କରେ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ 0·5 ପାଉଣ୍ଡ ଲାଭ ହୁଏ ।

ପ୍ରଜନକର ଦକ୍ଷତା ଲାଭ ଗୁଣାଙ୍କ (Gain Factor), G ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୋଇଥାଏ । $G=C-1$, ଅର୍ଥାତ୍ 1 ପାଉଣ୍ଡ ଇନ୍ଧନ ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ନୂତନ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରାପ୍ତିର ପରିମାଣ । ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟରର ଦ୍ୱିତୀୟ ଆବଶ୍ୟକତା ହେଲା ଯେ ନୂତନ ପ୍ରସୂତ ଇନ୍ଧନ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ସଂଚିତ (Accumulated) ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ସଂଚିତ ହାରକୁ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ସମୟ (Doubling Time) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଏହା ଏପରି ସମୟ ଅଟେ ଯେଉଁ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଲାଗୁ ହୋଇଥିବା ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ସମୟ ଲାଭ ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ତାପହାର (Heat Rating) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କାରଣ ଯେତେ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବିଭକ୍ତ ହୁଅନ୍ତି, ସେତେ ଶୀଘ୍ର ତାପ ମୁକ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ସେତେ ଶୀଘ୍ର ନୂତନ ଇନ୍ଧନର ପ୍ରଜନନ ହୋଇଥାଏ । ବାସ୍ତବରେ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ସମୟ ଇନ୍ଧନର ଉଭୟ ଲାଭ ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ତାପ ହାରର ପ୍ରତି ଲୋମ ବର୍ଗାନୁପାତ ଅଟେ ।

ତେଣୁ କ୍ଷୁଦ୍ର କୋର ବିଶିଷ୍ଟ ଫାଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟର ଏପରି ଏକ ଯନ୍ତ୍ର ଅଟେ ଯହିଁରୁ ତାପ ଅତି ଉଚ୍ଚ ହାରରେ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ବ୍ୟୟ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ବିଚାର କଲେ ଇନ୍ଧନରୁ ମୁକ୍ତ ତାପ ହାର ପ୍ରତିକିଲୋ ଗ୍ରାମ ପିଛା 1,000 Kw (H)ରୁ କମ୍ ହେବା ଉଚିତ ନୁହେଁ । ଏହି ତାପ କୋରର ପ୍ରତି ଘନ ଫୁଟରୁ 30,000 Kw (H) [1,000 Kw (H) ଲିଟର ପ୍ରତି] ମୁକ୍ତ ହେଉଥିବା ତାପ ସହ ସମାନ ।

ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟରରୁ ଅତି ଉଚ୍ଚ ହାରରେ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ କରିବା ଏକ ସମସ୍ୟା ହୋଇ ପଡେ । ସୁତରାଂ ତୀବ୍ର ରିଅକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକର ଡିଜାଇନ୍ ମଧ୍ୟ କଷ୍ଟକର ବ୍ୟାପାର । କେଉଁ ପ୍ରକାର ଶୀତଳକ ଏଥି ନିମିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ ।

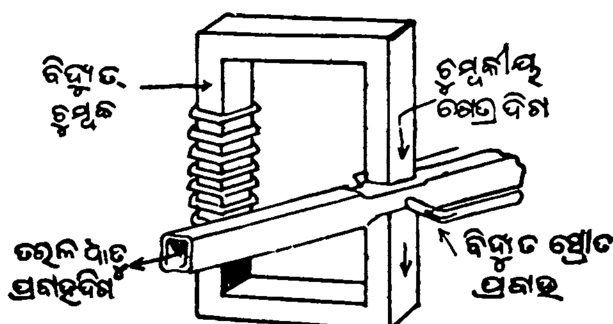
ତରଳ-ଧାତୁ ଶୀତଳକ (Liquid-Metal Coolant)—

ଶୀତଳକ ଏକ ଉତ୍ତମ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ମାଧ୍ୟମ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ନିକୃଷ୍ଟ ମନ୍ଦକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥି ସକାଶେ ଜଳ ଅନୁପଯୁକ୍ତ କିନ୍ତୁ ତରଳ ଧାତୁ ସର୍ବୋତ୍କୃଷ୍ଟ ଅଟେ । ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ତାପ ପରିବହନ କରିଥାନ୍ତି କିନ୍ତୁ ଏମାନଙ୍କର ତାପ ଧାରିତା (Heat Capacity) କମ୍ । ଏକ ଗ୍ୟାଲନ୍ ତରଳ ଧାତୁ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉତ୍ତାପରେ ଯେତିକି ତାପ ବହିବହନ କରିପାରିବ, ତାହା ଏକ ଗ୍ୟାଲନ ଜଳ ପରିବହନ କରିପାରୁଥିବା ତାପର ଏକତୃତୀୟାଂଶ ବା ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଅଟେ । ସୁତରାଂ ଅଧିକ ତରଳ ଧାତୁ ଶୀତଳକ ପରିପଥ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ପମ୍ପ ଦ୍ୱାରା ପଠାଇବାକୁ ପଡ଼ିବ ଏବଂ ପମ୍ପକୁ ଚଳାଇବା ନିମିତ୍ତ ଅଧିକ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ତରଳ ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରି ଶୀତଳକ ହୋଇଥାନ୍ତି । ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ ଅଧିକ ହେତୁ ଏମାନଙ୍କୁ କୌଣସି ଉଚ୍ଚ ଚାପରେ ରଖିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ସାଧାରଣ ଉତ୍ତାପରେ ଶୀତଳକ ତରଳ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ସମ୍ଭାବ୍ୟ ଧାତୁମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ବା ପଟାସିୟମର ମିଶ୍ରଧାତୁ ପ୍ରଧାନ । ସୋଡ଼ିୟମ ତରଳ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଜଳର ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହାକୁ ଗରମ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ନିମିତ୍ତ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଧାତୁ ଅତି ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଏବଂ ଏହା ବ୍ୟୟ ସାପେକ୍ଷ ନୁହେଁ । ଅମ୍ଳଜାନ ମୁକ୍ତ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ରିଆକ୍ଟର ସଂରଚନା ବସ୍ତୁ ସହ କୌଣସି କ୍ରିୟା କରେ ନାହିଁ । ସୋଡ଼ିୟମ୍‌କୁ ଅମ୍ଳଜାନ ମୁକ୍ତ କରିବା ସହଜସାଧ୍ୟ ନୁହେଁ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବ-ଶୋଷଣ କରି ଗାମା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରୁଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ସୋଡ଼ିୟମ-24 ଆଇସୋଟୋପରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ସୁତରାଂ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ସଂଚାଳିତ ହେଉଥିବା ଶୀତଳକର ସମସ୍ତ ଅଂଗ-ପମ୍ପ, ନଳୀ, ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର କପାଟିକା ପ୍ରଭୃତି ଖୁବ୍ ମୋଟା କଂକ୍ରିଟ୍ ପରି-ରକ୍ଷକ ଦ୍ୱାରା ଘେରାଇବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ ।

ତରଳଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ଉପଯୁକ୍ତ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ପମ୍ପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଅଥବା ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପମ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ପମ୍ପ କରାଯାଇଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପମ୍ପ, ବିଦ୍ୟୁତ ମୋଟୋର ନିୟମାନୁସାରେ ପରିଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ପମ୍ପରେ ତରଳଧାତୁ ସୁପରିବାହୀ କାର୍ଯ୍ୟ

କରିଥାଏ ଏବଂ ଏହା ଚଳନଶୀଳ ହୋଇଥିବାରୁ ବିନଦ୍ୱାରା ଚାଳିତ ହୁଏ । ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ କୁଣ୍ଡଳୀ (Coil) ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟକ୍ଷେତ୍ର ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି । ପରିଣାମ ସ୍ୱରୂପ ତରଳଧାତୁ ନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରିଥାଏ । ଅନ୍ୟ ପ୍ରକାରର ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପମ୍ପ ମଧ୍ୟ ସମ୍ଭବ । ଏହାର ଏକମାତ୍ର ସୁବିଧା ଏହି ଯେ ଏଥିରେ କୌଣସି ଚଳନଶୀଳ ଅଙ୍ଗ ନ ଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-31)

ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟରର ଅଳ୍ପ ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ କୋର୍ ମଧ୍ୟରୁ ଅତ୍ୟଧିକ ପରିମାଣର ତାପ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ କୋର୍ ସ୍ଥିତ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ତରଳିବାର ବହୁ ସମ୍ଭାବନା । କୋର୍ ଗଠନ ବେଳେ କେତେଗୁଡିଏ ବିଷୟ ପ୍ରତି ସଜାଗ ହେବାକୁ ପଡ଼େ ଏବଂ ରିଆକ୍ଟରକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇଥାଏ ।

ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟରର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ (Control of The Fast Reactor)

ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟରର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଭଳି ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟରର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ କୋର୍‌ର ଆକୃତି କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ କେତେକ ଇଂଜିନିଅରିଂ ଅସୁବିଧା ଦେଖା ଦେଇଥାଏ ।

ପୂର୍ବରୁ ବର୍ଣ୍ଣିତ ହୋଇଛି ଯେ ତାତ୍କାଳିକ ଓ ବିଳମ୍ବିତ ଉଭୟ ପ୍ରକାର ନିଉଟ୍ରନ୍ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ବିଳମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ରିଆକ୍ଟର ନିୟନ୍ତ୍ରଣରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି । କୌଣସି ରିଆକ୍ଟରର ଗଠନ ସମୟରେ ତୁରନ୍ତ କ୍ରାନ୍ତିକତା (Prompt Criticality) ନ ହେବା ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଇଥାଏ । ତୀବ୍ର ରିଆକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକ

ବିଳମ୍ବିତ କ୍ରାନ୍ତିକ (Delayed Critical) ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହା ହେବାଦ୍ୱାରା ଏହାର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଯଥେଷ୍ଟ ସହଜ ହୋଇ ପଡ଼େ । କିନ୍ତୁ ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରର କୋଡ଼ରେ ଅତି ସମୃଦ୍ଧ ଇନ୍ଧନ ଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି କାରଣରୁ ଏହି ଇନ୍ଧନ ଏକତ୍ର ହୁଏ ଏବଂ ଏହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅତି କ୍ରାନ୍ତିକ (Super Critical) ହୋଇପଡ଼େ ତେବେ ହଠାତ୍ ଏହାର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କ୍ଷମତା (Reactivity) ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଏବଂ ବିସ୍ଫୋରଣ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ମଧ୍ୟ ଅଧିକ ହୋଇପଡ଼େ । ଇନ୍ଧନ ବିଭିନ୍ନ ଉପାୟରେ ଏକତ୍ର ହୋଇଥାଏ । କୋଡ଼ ଅତି ଉତ୍ତପ୍ତ ହେଲେ ୟୁରାନିୟମ ତରଳିଯାଏ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ରିଆକ୍ଟର ପୂରାପୂରି ବନ୍ଦ ହେବା ପରେ ଯଦି ଉତ୍ତମ ରୂପେ ଶୀତଳିତ ନ ହୁଏ ତେବେ ଏହି ଉତ୍ତାପରେ କୋଡ଼ ତରଳିଯାଇ ପାରେ ।

ସୁତରାଂ ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରର କୋଡ଼ ଗଠନ ବେଳେ ତିନୋଟି ବିଷୟ ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଇଥାଏ । ପ୍ରଥମରେ ହଠାତ୍ କୌଣସି ପ୍ରକାରରେ ଏହାର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା କ୍ଷମତା ଯେପରି ବୃଦ୍ଧି ନ ହୁଏ । ଦ୍ୱିତୀୟରେ ଚାଲୁରହିବା ଓ ବନ୍ଦ ହେବା ସମୟରେ କୋଡ଼କୁ ସୁଶୀତଳ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ତୃତୀୟରେ କୋଡ଼କୁ ଏପରି ସଜାଇବାକୁ ପଡ଼ିବ ଯେପରି ଏହା ତରଳିଲେ ମଧ୍ୟ ତରଳ ବସ୍ତୁ ଏକତ୍ର ହୋଇ କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକାର ଧାରଣ ନକରିବ ।

ଇନ୍ଧନ ସଂସାଧନ (Fuel processing) :—ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରରେ ଇନ୍ଧନ ଅତି ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଉପଯୋଗ ହେବାଦ୍ୱାରା ତାପ ହାର ମଧ୍ୟ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ଶତକଡ଼ା 3ଭାଗ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ଏକ ମାସରେ ପ୍ରତି କିଲୋଗ୍ରାମରୁ 1,000 KW(H) ତାପ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ମିଶ୍ରିତ ଇନ୍ଧନରେ ଯଦି ଶତକଡ଼ା 10 ଭାଗ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଓ ଶତକଡ଼ା 40ଭାଗ ସମୃଦ୍ଧ ବସ୍ତୁ ଥାଏ ତେବେ ଏକ ମାସରେ ଇନ୍ଧନର କେବଳ ମାତ୍ର ଶତକଡ଼ା 0·3 ଭାଗ ଉପଯୋଗ ହୋଇ ପାରିବ । ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟରରେ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ଉପଯୋଗ କରି ବର୍ଷ ବର୍ଷ ଧରି ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟକ ବିଭଜନ ହୋଇଥାଏ, ସେହି ସଂଖ୍ୟକ ବିଭଜନ ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରରେ କେବଳ ଏକମାସ ମଧ୍ୟରେ ହୋଇଥାଏ ।

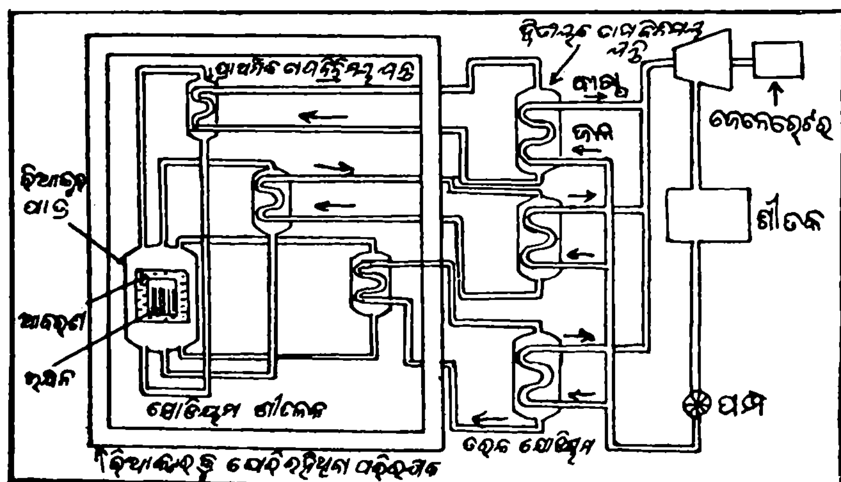
ମିଶ୍ରିତଧାତୁ ବା ଧାତବ ଇନ୍ଧନର କେବଳ ଶତକଡ଼ା 0·3ଭାଗ ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ବହୁ ବିକିରଣଜନିତ କ୍ଷତି (Radiation Damage) ହୋଇଥାଏ । ସେଥିପାଇଁ ଏହାକୁ କୋଡ଼ରୁ ବାହାର କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ବାହାର କରା ଯାଇଥିବା ଇନ୍ଧନ ମଧ୍ୟରେ ବହୁ ପରମାଣୁର ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଉପଯୋଗ ନ ହୋଇ ରହିଥାଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କୁ ରାସାୟନିକ ସଂସାଧନ ଦ୍ୱାରା ପୃଥକ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ (Ceramics)ର ଇନ୍ଧନ ବ୍ୟବହାର କଲେ ବହୁ ପରମାଣୁର ବିଭଜନ—ପ୍ରସୂତ ଅଂଶମାନେ ଏଥିରେ ସ୍ଥାନ ପାଇଥାନ୍ତି ।

ତେଣୁ ସଂସାଧନ ପୂର୍ବରୁ ଏହାକୁ ଅତ୍ୟଧିକ ଉତ୍ତାପ ସହ୍ୟ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ବର୍ତ୍ତମାନ ମିଳୁଥିବା ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ଅତି ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପରେ ବ୍ୟବହାର ନିମିତ୍ତ ଅନୁପଯୁକ୍ତ । କାରଣ ଏଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ୍ ଉତ୍ତମଭାବେ ତାପ ପରିବହନ କରି ନଥାନ୍ତି । ସେମାନେ ଧାତୁ ଭଳି ଏତେ ଘନ ନୁହଁନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଜନନ ଲଭ ଗୁଣାଙ୍କରେ ହ୍ରାସ ହୋଇଥାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯେତେ ଦ୍ରୁତପାୱାର୍ ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମିତ ହେଉଛି ସେଥିରେ ମିଶ୍ରିତ ଧାତୁ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଛି । କିନ୍ତୁ ଏମାନେ ଅତ୍ୟଧିକ ତାପ ମାତ୍ରା ସହ୍ୟ କରି ପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ତେଣୁ ଏକ ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ ଅଧିକାଂଶଙ୍କର ସଂସାଧନ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ କୌଣସି ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମାଣ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ଇନ୍ଧନ ସଂସାଧନ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବସ୍ଥା କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମୟରେ ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ଇନ୍ଧନ ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ପାରିବ ଏବଂ ବହୁକାଳ ଧରି ଏହା ଏଥିରେ ରହିପାରିବ । କିନ୍ତୁ ଏହା ବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ ହୋଇ-ପାରେ ।

ଏନ୍ରିକୋ ଫର୍ମି ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ (The Enrico Fermi Nuclear Plant)



(ଚିତ୍ର ନଂ 32)

ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର ଇରି ହ୍ରଦ କୂଳରେ ଡ୍ରିଟ୍ରଏଟ, ମିଚିଗାନଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହା ଏକ ଶୀଘ୍ର ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର । ଏହାର ଇନ୍ଧନ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅଟେ । ଅବକ୍ଷୟିତ ୟୁରାନିୟମ୍ (Depleted uranium) (ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ ନଗଣ୍ୟ ପରିମାଣର u—235 ଥାଇ) ପ୍ରଜନକ ଆବରଣ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ରିଆକ୍ଟରରୁ 300,000 K W ତାପୀୟ ଓ 94,000 K W ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

77·5 ସେ.ମି ବ୍ୟାସ ଓ 7୬·25 ସେ.ମି ଉଚ୍ଚତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସିଲିଣ୍ଡର ରିଆକ୍ଟର କୋର୍ ଅଟେ । ଏଥିରେ ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଅଛି । ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳକର କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ପ୍ରାଥମିକ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳକରେ ତିନୋଟି ଲୁପ୍‌ଥାଏ । କୋର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱ ଆବରଣ ମଧ୍ୟଦେଇ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଗତି କରିଥାଏ ଏବଂ କୋର ଉପର ପୁଲ (Pool)ରେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଏ । ଏହି ପୁଲକୁ ତିନୋଟି ବହିର୍ଗମନ ନଳୀ ଦ୍ୱାରା ତିନୋଟି ପ୍ରାଥମିକ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ସହ ସଂଯୋଗ କରାଯାଇଥାଏ । ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ପରିରକ୍ଷକ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଇଥାଏ କାରଣ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଟେ । ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକ ମଧ୍ୟ ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଅଟେ ଏବଂ ଏହା ତାପ ବିନିମୟଯନ୍ତ୍ରରୁ ତାପ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ । ଜଳ ସଂଗୃହୀତ ହୋଇ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ବାଷ୍ପ ଦ୍ୱାରା ଟର୍‌ବାଇନ୍ ଗୁଲ ଜେନେରେଟର୍‌ର କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ ।

ପାଓ୍ୱାର୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଓ ତାର ଉପଯୋଗ

ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓ ଇଞ୍ଜିନିୟରମାନେ, ପରିବହନରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପାଓ୍ୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟର ବହୁଳ ବ୍ୟବହାର କିପରି ହୋଇପାରିବ, ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେଇଆସିଛନ୍ତି । ଏହାର କାରଣ ହେଉଛି ଯେ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ଇନ୍ଧନର ପ୍ରତି ଏକକ ଓଜନରୁ ଯାହା ଶକ୍ତି ମିଳେ ତାହା ସାଧାରଣ ଇନ୍ଧନ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରାୟ ଏକ ନିୟୁତ ଗୁଣ ଅଧିକ । ଦ୍ୱିତୀୟ ବାର ଇନ୍ଧନ ନନେଇ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଳିତ ଯାନଗୁଡ଼ିକ ବହୁ ସମୟ ଧରି କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରନ୍ତି । ସମୁଦ୍ରଯାତ୍ରା, ସୁଦୂରାଞ୍ଚଳକୁ ରେଳଦ୍ୱାରା ଗମନାଗମନ, ମେରୁ ଅଞ୍ଚଳରେ ପରିଭ୍ରମଣ ଓ ଅନ୍ୟପ୍ରକାରର ଗତାଗତ ନିମିତ୍ତ ଆଣବିକ ଶକ୍ତିଚାଳିତ ଯାନଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ବେଶି ।

ଏହି ପ୍ରକାର ପ୍ଲାଣ୍ଟଗୁଡ଼ିକର ଆକାର ଓ ଓଜନ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯାନ ପରିରକ୍ଷକ ହେତୁ ନିଉକ୍ଲିୟର୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆକାର ଓ ଓଜନରେ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ । ଅତି ଉଚ୍ଚ ପାଓ୍ୱାର୍ ନିମିତ୍ତ (50,000 K W ରୁ ଅଧିକ) ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଓ ପ୍ରଚଳିତ

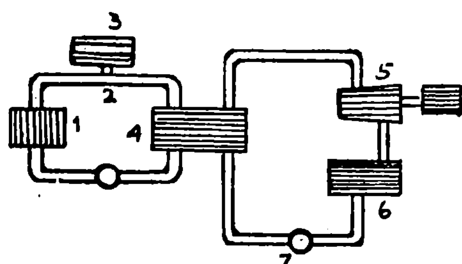
ଇନ୍ଧନ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆକୃତି ପ୍ରାୟ ସମାନ । କିନ୍ତୁ କମ୍ ପାଓ୍ୱାର୍ ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆକୃତି ଖୁବ୍ କମ ଅଟେ । ଅତି ମଧ୍ୟ ଏ ପ୍ରକାର ଯାନଗୁଡ଼ିକ ଯଦି କୌଣସି କାରଣବଶତଃ ଦୁର୍ଘଟଣାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୋଇ ଓଲଟି ପଡନ୍ତି ବା ବୁଡ଼ିଯାନ୍ତି ତେବେ ରିଆକ୍ଟରର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବିକିରଣ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଖେଳିଯାଏ । ଏହା ବିପଦପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଟେ । ତେଣୁ ଏହାର ସୁରକ୍ଷା ନିମିତ୍ତ ପରିରକ୍ଷକ ବ୍ୟବହାର କରାଯିବାରୁ ଏହାର ଓଜନରେ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇଥାଏ ।

ଜାହାଜ ଚଳାଚଳ ନିମନ୍ତେ

ଆଣବିକ ଶକ୍ତିଯୁକ୍ତ ବୁଡ଼ାଜାହାଜ ପ୍ରାୟ ଅନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କାଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ, କାରଣ ଏଥିରେ ଇନ୍ଧନ ବ୍ୟବହାର ଖୁବ୍ କମ୍ । ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ରହିବା ଉପରେ ଭିତ୍ତିକରି ଏହା କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ, କାରଣ ଏଥିନିମିତ୍ତ ଅମ୍ଳଜାନ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ । ଯାହା କିଛି ଅମ୍ଳଜାନ ଜାହାଜରେ ଥିବା ଯାତ୍ରୀ ମାନଙ୍କର ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ତାହା ତରଳ ଅବସ୍ଥାରେ ନିଆ ହୋଇପାରେ ଏବଂ ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ୍ ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତି ଅନୁସାରେ ବାହାର କରାଯାଇଥାଏ । ବହୁତ ସମୟ ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ବୁଡ଼ି ରହିବା ଦ୍ୱାରା ଯାତ୍ରୀ ମାନଙ୍କର ମାନସିକ ଦୁଶ୍ଚିନ୍ତା ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ଅଧିକ, କିନ୍ତୁ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ପ୍ରକାର ଅସୁବିଧା ହୋଇ ନଥାଏ ।

ଆମେରିକାର ନୌବୁଡ଼ାଜାହାଜ ନଟିଲସ୍ (Nautilus) ରେ ସର୍ବପ୍ରଥମ ଥର ପାଇଁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଓ୍ୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପିତ କରାଯାଇଥିଲା । ଦୁଇବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ 60,000 ନୌମାଇଲ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ନିମିତ୍ତ ମାତ୍ର 2·8 ପାଉଣ୍ଡ u—235 ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥିଲା । ଯଦି ଏଥି ନିମିତ୍ତ ତେଲ ବ୍ୟବହାର କରାହୋଇଥାନ୍ତା ତେବେ 720,000 ଗ୍ୟାଲନ୍ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାନ୍ତା । ବୋଝେଇ ହୋଇଥିବା 90ଟି ରେଲଟାଙ୍କିର ତେଲ ଯାହା କରିଥାନ୍ତା ତାହା ଟେନିସ୍‌ବଲ ଆକୃତିର ୟୁରାନିୟମ୍ କରିପାରିଥିଲା । ନଟିଲସ୍‌ର ଦ୍ୱିତୀୟହୋଡ଼ ମଧ୍ୟ ବହୁକାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ଓ ଏହା 150,000 ନୌମାଇଲ ଅତିକ୍ରମ କରିଥିଲା ।

ନଟିଲସ୍‌ରେ ବ୍ୟବହୃତ ପାଓ୍ୱାର୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟର ପଦ୍ଧତିରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ସାଧାରଣ ଜଳ ଉଭୟ ଶୀତଳକ ଓ ମନ୍ଦକ ଭଳି କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ, ଇନ୍ଧନ ସାମାନ୍ୟ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅଟେ । ରିଆକ୍ଟର ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଓ ଇଞ୍ଜିନ୍ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ କେବଳ ପାଓ୍ୱାର ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ରହିଥାନ୍ତି । ରିଆକ୍ଟର ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ନିମ୍ନରେ ପରିସଞ୍ଚାଳକ ପମ୍ପ, ତାପବିନିମୟଯନ୍ତ୍ର ଓ ବାଷ୍ପ ଜେନେରେଟର ଏକତ୍ର ଥାନ୍ତି ।



ବାଷ୍ପ ଜେନେରେଟର୍ ଉପରେ ଆର୍ଦ୍ରତା ପୃଥକ୍ କରଣ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଅଛି । ଶୁଷ୍କ ବାଷ୍ପ ଇଞ୍ଜିନ୍ ପ୍ରକୋଷ୍ଠକୁ ପଠାଯାଇଥାଏ । ଏଠାରେ ଥିବା ଟର୍ବାଇନ୍ ଦ୍ୱାରା ନୋଦକ (Propeller) ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଆନୁସଙ୍ଗିକ ଅଂଶ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

(ଚିତ୍ର ନଂ-33—'ନଟିଲସ୍' ନିଉକ୍ଲୟସ୍ ପାଓ୍ବାର ୟୁନିଟ୍)
1-ରିଆକ୍ଟର, 2-ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ପରିପଥ,
3-ଚାପ ଦେବା ଯନ୍ତ୍ର, 4-ବାଷ୍ପ ଜେନେରେଟର,
5-ଟରବୋ ଜେନେରେଟର, 6-ଶୀତକ, 7-ପମ୍ପ ।

ଆମେରିକାର ଆଣବିକ ଶକ୍ତିଚାଳିତ ପ୍ରଥମ ବଣିକ ଜାହାଜ ସାଭାନା (Savanah) । ଏହାର ଗତି ନିମିତ୍ତ ଶକ୍ତି ଚାପଯୁକ୍ତ ଜଳ ରିଆକ୍ଟରରୁ ମିଳିଥାଏ । ପୂର୍ଣ୍ଣମାତ୍ରାରେ ବୋଝେଇ ହେଲେ ଏହା 22,000 ଟନ୍ ଓଜନର ଜଳ ନିଷ୍କାସନ କରେ । ଏଥିରେ 60 ଜଣ ଯାତ୍ରୀ ବସିବାର ସୁବିଧା ଅଛି ଓ ଏହା 9300 ଟନ୍ ଶୁଷ୍କ ମାଲ୍ ବୋଝାଇ କରି ନେଇପାରେ । ଏହାର ଗତି ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 21 knot ଏବଂ ପୁନର୍ବାର ଇନ୍ଧନ ନେବା ପୂର୍ବରୁ 300,000 ନୌମାଇଲ୍ ଗତି କରିଥାଏ ।

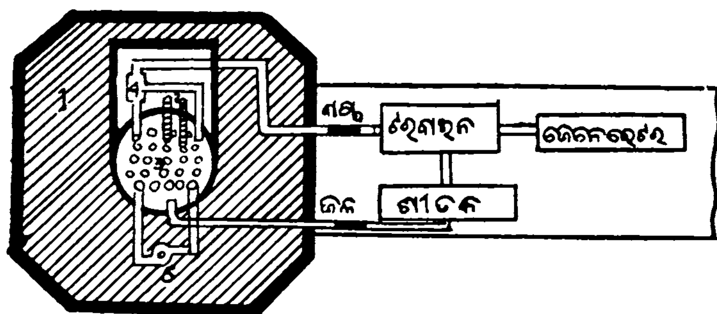
ସାଭାନା ରିଆକ୍ଟରରେ ସାମାନ୍ୟ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଡାଇଅକ୍ସାଇଡ୍ ଷ୍ଟେନ୍‌ଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ଦ୍ୱାରା ଆଚ୍ଛାଦିତ ହୋଇଥାଏ । କୋର୍ ମଧ୍ୟରେ 5248 ଇନ୍ଧନପିନ୍ 32ଟି ଗୁଚ୍ଛରେ ସଜ୍ଜା ହୋଇଥାନ୍ତି । ଚାପ ପାତ୍ର ଜଳ ମଧ୍ୟରେ କୋର୍ ନିମଜ୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । 1750 lbs/PSI ଚାପରେ ଏହା କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଜଳ ଶୀତଳକ ପ୍ରାୟ 525°Fରେ ବହିର୍ଗମନ କରିଥାଏ । ଦୁଇଟି ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ବାଷ୍ପର ଉତ୍ତାପ 464°F ଏବଂ ଚାପ 485 lbs/PSI । ପ୍ରତି ଘଣ୍ଟାରେ 266,000 ପାଉଣ୍ଡ ବାଷ୍ପ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା ଟର୍ବାଇନ୍ ଚାଳିବାରୁ ଜାହାଜ ଆଗେଇ ଚାଲେ ।

ଜଳପମ୍ପ, ଚାପପାତ୍ର, ବଏଲର୍, ବାଷ୍ପଡ୍ରମ ସବୁ 50ଫୁଟ 6ଇଞ୍ଚ ଲମ୍ବ ଓ 35ଫୁଟ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ପାତ୍ରମଧ୍ୟରେ ସଜା ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ପାତ୍ର ଷ୍ଟିଲ୍ ନିର୍ମିତ ଏବଂ 185/PSI ଚାପ ସହ୍ୟ କରିପାରେ । ଦୁଇ ପ୍ରକାରର ପରିରକ୍ଷକ ରହିବା ଦ୍ୱାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଓ ଗାମାରଶ୍ମିର ତୀବ୍ରତା ହ୍ରାସପାଇ ସହନଶୀଳ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ରହିଥାଏ । ଯାତ୍ରୀ, ଜାହାଜଶ୍ରମିକ, ଓ ବନ୍ଦରରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଶ୍ରମିକ ମାନଙ୍କୁ ଯେପରି ବିକିରଣଜନିତ ବିପଦ କମ୍ ହୋଇପାରିବ ସେ ସବୁର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଇଥାଏ ।

ଅନ୍ୟ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଜାହାଜ ମଧ୍ୟ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଦ୍ୱାରା ପରିଚାଳିତ । ଆମେରିକା ନୌବାହିନୀର ସବୁଠାରୁ ବଡ଼ ଜାହାଜ ଏଣ୍ଟର ପ୍ରାଇଜ୍ (Enterprise) ଅଟେ ଏବଂ ଏହା 8ଟି ରିଆକ୍ଟରର ଶକ୍ତି ଦ୍ୱାରା ଚାଳିତ । ପ୍ରଥମ କୋଡ଼କୁ ପରିବର୍ତ୍ତିନ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ଏହା 200,000 ନୌମାଇଲ ସମୁଦ୍ର ପଥ ଅତିକ୍ରମ କରିଥିଲା । ଆମେରିକାର, ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଳିତ ଅନ୍ୟ ନୌଜାହାଜ ଗୁଡିକ ହେଲେ ଲଙ୍ଗବିଚ୍ (Long Beach), ଗାଇଡେଡ୍ ମିଶାଇଲ କ୍ରୁଇଜର, କ୍ରେଷ୍ଟ ଯୁଦ୍ଧ, ବ୍ରେନ୍ ବ୍ରିଜ ଓ ଟେକ୍ସ୍ଟଭନ ।

ରୁଷିଆର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଳିତ ଜାହାଜ ଆଟମିକ୍ ଆଇସ୍ ବ୍ରେକର ଲେନିନ (Lenin) ଅଟେ । ଏହା 16,000 ଟନ୍ ଜଳ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିଥାଏ । ବନ୍ଦରକୁ ନ ଫେରି ସାଧାରଣ ଆଇସ୍ ବ୍ରେକର ଅପେକ୍ଷା 10-12 ଗୁଣ ପଥ ଅତିକ୍ରମ କରିଥାଏ । ଅଗମ୍ୟ ବରଫ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ଆଇସ ବ୍ରେକର ଗତି କରିପାରେ । ମେରୁ ଆବିଷ୍କାରକମାନେ ବରଫାବୃତ ଅଗମ୍ୟ ଅଂଚଳରେ ନୂତନ ବାତାବରଣ ମଧ୍ୟରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଗବେଷଣା କରିଥାନ୍ତି ।

ସ୍ଥଳପଥରେ ଗମନାଗମନ ନିମିତ୍ତ :—



[ଚିତ୍ର ନଂ-34—ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ (ଗମନାଗମନ ନିମିତ୍ତ)]
1-ପରିରକ୍ଷକ ଢାଲ, 2-ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼, 3-D_2Oରେ ୟୁରେନାଇଲ ସଲଫେଟ୍ ଦ୍ରବଣ, 4-ଆର୍ଦ୍ରତା ପୃଥକକ, 5-ତରଳ ଧାତୁ ପମ୍ପ ।

ସ୍ଥଳ ପଥରେ ଗମନାଗମନ ନିମିତ୍ତ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଳିତ ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ ।

ଏହାର କୋଡ ଏକ ସମଜାତୀୟ ରିଆକ୍ଟର ଏବଂ ଭାରୀ ଜଳରେ 2 Kg u – 235 ୟୁରେନାଇଲ୍ ସଲଫେଟ୍ ଦ୍ରବଣ ଥାଏ । ଏହି ଦ୍ରବଣକୁ 240° C ଉତ୍ତାପରେ ଚାପ ଦିଆଯାଇ ଥାଏ । କୋଡ଼ରେ 10,000 ନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଜଳ ସଂଚାଳିତ ହେବାଦ୍ୱାରା

ଚାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହୋଇଥାଏ । ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ସଂଗୃହୀତ ଜଳ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଟରବାଇନ୍ ଓ ଜେନେରେଟର ଚଳାଇଥାଏ ।

ସଂଗ୍ରହଣ-ଧର୍ମ ଓ ଆଦ୍ରତା ପୃଥକ୍ କରିବା ଯନ୍ତ୍ର ସହ ରିଆକ୍ଟର ଆକାର 60 × 90 × 90 ସେ.ମି ଏବଂ ଏହାର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ 120 ସେ.ମି ମୋଟା 200 ଟନ କଂକ୍ରିଟ ପରିରକ୍ଷକ ଘେରିଥାଏ । ଏହି ରିଆକ୍ଟର 7,000 ଅଶ୍ୱ ଶକ୍ତି କ୍ଷମତା ବିଶିଷ୍ଟ । ଏହି ଯାନର ଲମ୍ବା 48 ମିଟର । ସାଧାରଣ ଇନ୍ଧନ ଦ୍ୱାରା ପରିଚାଳିତ ଯାନ ସହ ଏହି ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଳିତ ଯାନ ତୁଳନୀୟ । ପ୍ରଚଳିତ ଇନ୍ଧନ ବ୍ୟବହାର କରି ଯାନଗୁଡ଼ିକ ଯେତେ ଦୂର ଯାଇପାରିବେ, ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଚାଳିତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ତାଠାରୁ 46 ଗୁଣ ଅଧିକ ଯାଇପାରିବ ।

ସ୍ଥଳ ପଥରେ ଇନ୍ଧନ ନ ବଦଳାଇ ହଜାର ହଜାର ମାଇଲ ଗତି କରିବା ଖୁବ୍ କମ୍ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ସ୍ଥଳ ଭାଗରେ ନିଉକ୍ଲିୟର୍ ଶକ୍ତିର ବିଶେଷ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରେ—ବିଦ୍ୟୁତ ଚାଳିତ ରେଳ ଷ୍ଟେସନ୍‌କୁ ପାୱାର ଯୋଗାଇବା ପାଇଁ, ରାସାୟନିକ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ କରି ସିନ୍ଥେଟିକ ପେଟ୍ରୋଲ ପ୍ରସ୍ତୁତି ପାଇଁ ।

ରକେଟ୍ ଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର--

ରକେଟ୍ ଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ଏକ ପ୍ରପେଲାଣ୍ଟ (Propellant) ନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରପେଲାଣ୍ଟ ତରଳ ବା ଗ୍ୟାସୀୟ ହୋଇପାରେ । ଗ୍ୟାସୀୟ ପ୍ରପେଲାଣ୍ଟ ଏକ ଦିଗରେ ଗତି କଲେ ରକେଟଯାନ ଅନ୍ୟ ଦିଗରେ ଗତି କରିଥାଏ । ଗୋଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ହାରରେ ପ୍ରପେଲାଣ୍ଟ ଉପଯୋଗରୁ ରକେଟ୍ ଇଂଜିନର ଦକ୍ଷତା ଜଣାପଡ଼େ, ଏବଂ ଏହା ରକେଟର ବିଶିଷ୍ଟ ଆବେଗ (Specific Impulse) କହନ୍ତି । ବିଶିଷ୍ଟ ଆବେଗ ସେକେଣ୍ଡ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ 1 ପାଉଣ୍ଡ ବସ୍ତୁରୁ ପ୍ରପେଲାଣ୍ଟରୁ 1 ପାଉଣ୍ଡ ବଳ ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇ ପାରିବ ।

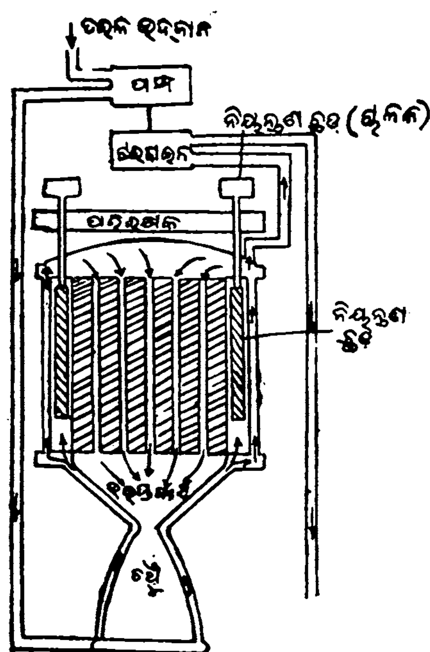
$$I_{SP} = \text{Constant} \times \sqrt{T/m}$$

ଏଠାରେ T, ରକେଟ୍ ଚେଂବରକୁ ପ୍ରବେଶ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ପରମ ଉତ୍ତାପ (Absolute Temp) ଅଟେ ।
M, ହାରାହାରି ଆଣବିକ ଓଜନ ।

ଦୁଇଟି ଉପାୟରେ ରକେଟର ବିଶିଷ୍ଟ ଆବେଗ ବଢ଼ା ଯାଇପାରେ । ଏହାର ଉତ୍ତାପକୁ ବଢ଼ାଇ ବା ଗ୍ୟାସର ଆଣବିକ ଓଜନ କମାଇ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ରକେଟରେ ଗ୍ୟାସର ଉତ୍ତାପ ଓ ଆଣବିକ ଓଜନ ପରସ୍ପରଠାରୁ ସ୍ୱାଧୀନ । ଗ୍ୟାସର ଉତ୍ତାପ ବଢ଼ାଇବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ତାପ ରିଆକ୍ଟର କୋର୍ ମଧ୍ୟରୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭାଜନ ଦ୍ୱାରା ମିଳିଥାଏ ।

ଗ୍ୟାସର ଆଣବିକ ଓଜନ କମାଇଲେ ମଧ୍ୟ ଉତ୍ତାପ ବଢ଼ିଥାଏ । ଉଦ୍‌ଜାନର ଆଣବିକ ଓଜନ 2·00, ଏବଂ ସ୍ଥାୟୀ ଗ୍ୟାସମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏହା ସର୍ବନିମ୍ନ । ତେଣୁ ପ୍ରଚାଳକ ରୂପେ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

କିଉ, ଫୋବସ, ଓ NRX ରିଆକ୍ଟରରେ ପାଇରୋଲାଇଟିକ୍ କାର୍ବନର ଆବରଣ ଥିବା ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ କାରବାଇଡ୍‌ର ଛୋଟ ଛୋଟ ମଣି (Bead) ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦକ ଅଟେ । କୋରର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ସ୍ତରରେ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍‌ର ପ୍ରତିଫଳକ ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟ ବାହ୍ୟ ସ୍ତରରେ ବେରିଲିୟମ୍‌ର ପ୍ରତିଫଳକ ଏକ ଚାପ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ରହିଥାନ୍ତି । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ ଓ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ବୋରନ୍-10 ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-35)

ତରଳ ଉଦ୍‌ଜାନ ରିଆକ୍ଟରର ଶୀତଳକ ଭାବେ ଗୃହୀତ ଥାଏ । ପ୍ରଥମେ ଏହା ଚଂଚୁ ଓ ରିଆକ୍ଟରର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ପମ୍ପ ଦ୍ୱାରା ସଂଚାଳିତ ହୋଇ ଶୀତଳିତ ହୋଇଥାଏ । ତାପରେ ରିଆକ୍ଟରର ମଧ୍ୟକୁ ତରଳ ଗ୍ୟାସୀୟ ମିଶ୍ରଣ ଭାବେ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ । କୋର୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଶୀତଳକ ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରାସ୍ତା ଦେଇ ଉଦ୍‌ଜାନ ଗତି କରିଥାଏ । ଶୀତଳକର ଏହି ରାସ୍ତା-ଗୁଡ଼ିକରେ ନାଓବିୟମ୍ କାରବାଇଡ୍‌ର ଏକ ପତଳା ସ୍ତର ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଉଦ୍‌ଜାନ ଅତି ଉଚ୍ଚ ପରିବେଗ ସହ ଏହି ରାସ୍ତା ଦେଇ ଗତି କରିବାରୁ ଏହାର ସଂକ୍ଷାରଣ (Corrosion) ଓ ଅପରଦନ (Erosion) କାର୍ଯ୍ୟରୁ ଉକ୍ତ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍‌କୁ ରକ୍ଷା କରିବାକୁ ନାଓବିୟମ୍ କାରବାଇଡ୍‌ର ଏହି ପତଳା ସ୍ତର ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଉଷ୍ମ ଗ୍ୟାସ ରିଆକ୍ଟରରୁ 1950 ରୁ 2500° C (35 0 ରୁ 4530 F) ଉତ୍ତାପ ମଧ୍ୟରେ ଚଂଚୁ ମଧ୍ୟଦେଇ ବହିଷ୍କୃତ ହୋଇଥାଏ, ଏବଂ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରଣୋଦ (Thrust) ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ।

ରକେଟ୍ ଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ବାୟୁର କୌଣସି ଆବଶ୍ୟକତା ନ ଥିବାରୁ ଏହା ମଧ୍ୟ ପୃଥିବୀର ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳ ବାହାରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ । ରିଆକ୍ଟରରୁ ମିଳୁଥିବା କିଛି ଅଂଶ ତାପ ଇନ୍ଧନକୁ ବାଷ୍ପୀଭୂତ କରିଥାଏ ଏବଂ ଅବଶିଷ୍ଟ ତାପକୁ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ନଚେତ୍ ଯାନଟି ପୁରାପୁରି ଜଳି ଯାଇପାରେ । ପୃଥିବୀ ବାହାରେ ପରିବହନ ପରିଚାଳନ ପଦ୍ଧତି କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ବିକିରଣ ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପ ବ୍ୟତିରେକେ କାର୍ଯ୍ୟ କରି ନଥାଏ । ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ବାହାରେ ରକେଟ୍‌କୁ ଶୀତଳ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏକମାତ୍ର ଉପାୟ ହେଲା ଏହାର ଉତ୍ତପ୍ତ ଅଂଶଗୁଡ଼ିକୁ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବାହାରକୁ ଫିଙ୍ଗିବା । ଏହା ଦ୍ୱାରା ଯନ୍ତ୍ରର ତାପ ଗ୍ରାହ୍ୟତା ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

ରକେଟର ଆକାର ମଧ୍ୟ ଏକ ସମସ୍ୟା ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ରକେଟର ଲମ୍ବ 400 ଫୁଟ୍, ବ୍ୟାସ 40 ଫୁଟ୍ ଏବଂ ଏହାର ଆୟତନ ଅତି କମ୍‌ରେ 500,000 ଘନଫୁଟ ଅଟେ ।

ସୁବିଧା—

ରିଆକ୍ଟର ଅସୀମ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇଥାଏ । କଠିନ ନୋଦନଶୀଳ (Propellant) ରାସାୟନିକ ରକେଟ୍, ସାମରିକ ପାର୍ଥିବ ଯାତ୍ରା (Military Territistrial Mission) ନିମିତ୍ତ ଉପଯୋଗୀ । ଅଧି ପାର୍ଥିବ ଯାତ୍ରା (Extra Territistrial Mission) ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ରକେଟ୍ ଅପରିହାର୍ଯ୍ୟ । ଚନ୍ଦ୍ର ଯାତ୍ରା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରଚଳିତ (Conventional) ରକେଟ ଉପଯୋଗୀ କିନ୍ତୁ ଆନ୍ତର୍ନକ୍ଷତ୍ରିକ (Inter Planetary Travel) ଯାତ୍ରା ନିମିତ୍ତ ଆୟନ ରକେଟର ବ୍ୟବହାର ହେବା ଉଚିତ ।

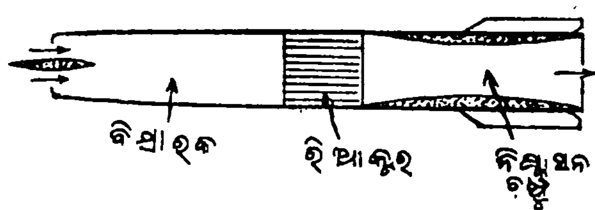
ନିଉକ୍ଲିୟାର ରକେଟ୍ ଓଜନରେ ଅତି ଗୁରୁ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରଥମ ସୋପାନ ରାସାୟନିକ ରକେଟ୍ (Single Stage Chemical Rocket)ଠାରୁ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ । ଅନ୍ତରୀକ୍ଷ ଯାତ୍ରା ଓ ପୃଥିବୀ ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳକୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯାତ୍ରାରେ ଏହା ଅଧିକ ଉପଯୋଗୀ । ବହି ନେଇ ଯିବା 10 ଟନ୍‌ରୁ ଅଧିକ ଭାର ନିମିତ୍ତ ଏହା ସବୁ ଯାତ୍ରାଠାରୁ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଅଟେ ।

ବ୍ୟୋମଯାନ ନିମିତ୍ତ ପାଓ୍ୱାର ରିଆକ୍ଟର—

ପରିବେଗ ଓ ଦୂରତ୍ୱ ପରିସରର ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବ୍ୟୋମଯାନର ଓଜନ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ତେଣୁ ପ୍ରଚଳିତ ଇନ୍ଧନ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଦ୍ୱାରା

ବ୍ୟୋମଯାନ ଗୁଡ଼ିକର ଉନ୍ନୟନ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ତେବେ ଦୂରତ୍ୱର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିସର ମଧ୍ୟରେ ଯାନର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପରିବେଗ ସୀମିତ ଅଟେ । 10,000 ମାଇଲ ଦୂରତ୍ୱକୁ ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବେ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯାନର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପରିବେଗ ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 400 ମାଇଲ ଅଟେ । ବ୍ୟୋମଯାନର ପରିବେଗ ଓ ଓଜନର ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଏହାର ଇନ୍ଧନ ଉପଯୋଗ ମଧ୍ୟ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ତେଣୁ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଗତି ସୀମିତ ଅଟେ । କିନ୍ତୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ୟୁନିଟ୍‌ରେ ଇନ୍ଧନ ଉପଯୋଗ ଅତି ନଗଣ୍ୟ ହୋଇ ଥିବାରୁ ଏହାର ଉପକାର ଯଥେଷ୍ଟ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ଉପଯୋଗ କରି ଯଦି କୌଣସି ବ୍ୟୋମଯାନ ଭୂମଣ୍ଡଳରୁ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ଉଠିଥାଏ ତେବେ ତାପରେ ଏହାର ଇନ୍ଧନ ଉପଯୋଗ ଉପରେ କୌଣସି ଗୁରୁତ୍ୱ ଦିଆଯାଏ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଆଉ କେତେକ ଆନୁସଂଗିକ ଅଂଶ ଏହାର କାର୍ଯ୍ୟକଳାପକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରିଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟର ବ୍ୟବହାର ବ୍ୟୋମଯାନ ଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରସ୍ତାବିତ ହୋଇଛି; କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ରାମଜେଟ୍ (Ramjet) ସବୁଠାରୁ ସରଳ ଅଟେ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ରାମ-ଜେଟ୍ (The Nuclear Ram-Jet)



(ଚିତ୍ର ନଂ-36)

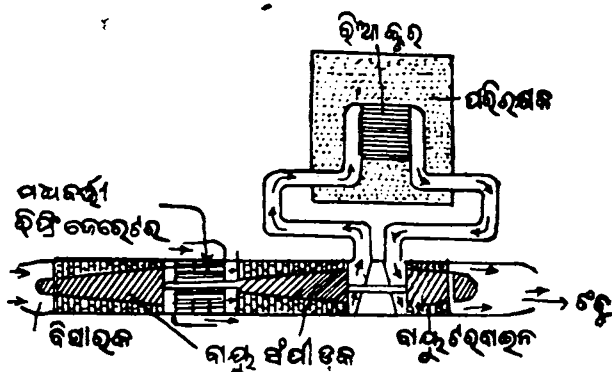
ପୃଥିବୀର ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳ ମଧ୍ୟରେ ଗମନାଗମନ ନିମିତ୍ତ ରାମଜେଟ୍ ଇଂଜିନ ସବୁଠାରୁ ସରଳ ଭାବେ ନିର୍ମାଣ କରାଯାଇପାରେ । ଯାନର ଅଗ୍ରଗତି ସମୟରେ ବାୟୁ, ବିସାରକ (Diffuser) ମଧ୍ୟରେ ସଙ୍କୁଚିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଉତପ୍ତ ବାୟୁ ଚଞ୍ଚୁ ମଧ୍ୟଦେଇ ଅତି ପରିବେଗ ସହ ସଂପ୍ରସାରିତ ହେବା ଦ୍ୱାରା ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରଣୋଦ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବ୍ୟୋମଯାନ ଆଗକୁ ଆଗେଇ ଚାଲେ ।

ରାମଜେଟ୍ ପାରଧ୍ୱନିକ ବେଗ (Supersonic Speed)ରେ ଗତିକଲେ (ଗତି ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 700 ମାଇଲରୁ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ) ଅତି ଉତ୍ତମ ଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ

ଆବି... ଅତି ଉଚ୍ଚ ସଂପ୍ରସାରଣ ଅନୁପାତ (Expansion Ratio) 2,000°C ଉତ୍ତାପରେ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

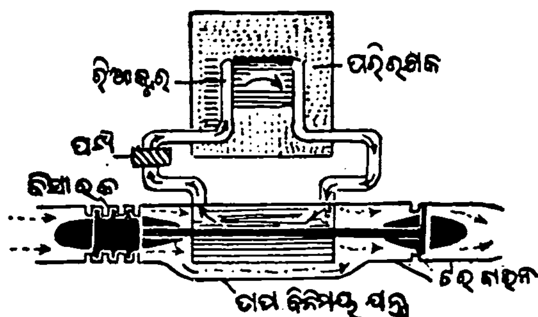
ନିଉକ୍ଲିୟାର ଟରବୋଜେଟ (The Nuclear Turbojet)—

ଟରବୋଜେଟ୍ ନିମ୍ନ ଧ୍ୱନିକ (Sub Sonic) ବେଗରେ ଅତି କାର୍ଯ୍ୟଦକ୍ଷ ଅଟେ ।



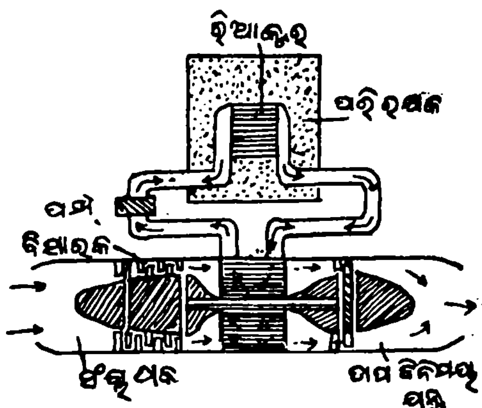
(ଚିତ୍ର ନଂ-37—ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ବିହୀନ ଟରବୋଜେଟ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପାଓ୍ୱାର ସୂଚକ)

ବିସାରକ ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ସଂଗୃହିତ ହୋଇଥାଏ । ସଂଗୃହକ ଦୁଇ ସୋପାନ (Stage) ମଧ୍ୟରେ ରେଫ୍ରିଜେରେଟର ଥାଏ । ସଂପୀଡ଼କ ମଧ୍ୟରୁ ବାୟୁ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ତପ୍ତ ବାୟୁରୁ କିଛି ଅଂଶ ଗ୍ୟାସ୍ ଟରବାଇନକୁ ଯାଇଥାଏ । ଅନ୍ୟ କିଛି ଅଂଶ ଚକ୍ଷୁ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ସଂପ୍ରସାରିତ ହୋଇ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରଣୋଦ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ । ବାୟୁର ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରିବା କ୍ଷମତା ଅତି କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ନିମିତ୍ତ ବାୟୁକୁ ଅତି ସଂଗୃହିତ କରିବାକୁ ପଡ଼େ ।



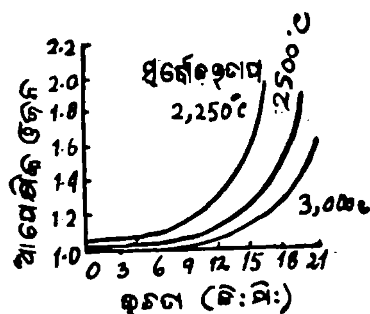
(ଚିତ୍ର ନଂ-38—ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରସହ ଟରବୋଜେଟ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ପାଓ୍ୱାର ସୂଚକ)

ଉପରୋକ୍ତ ଚିତ୍ରରେ ସମନ୍ୱାତୀୟ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଆକାର ବର୍ଣ୍ଣନ କରାଯାଇଛି । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରିଆକ୍ଟର ଏକ ତରଳ ବସ୍ତୁ ଦ୍ୱାରା ଶୀତଳନ ହୋଇଥାଏ । ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଓ ବାୟୁ ଦ୍ୱାରା ଚାଳିତ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ରିଆକ୍ଟର ବାହାରେ ଅବସ୍ଥିତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-39—ହାଇଡ୍ରୋକାର୍ବନ ଓ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍ ଟରବୋଜେଟ୍ ଇଂଜିନ)

ଏହା ପ୍ରଚଳିତ ହାଇଡ୍ରୋକାର୍ବନ ଇଂଜିନ୍ ଏବଂ ନାଉକ୍ଲିୟାର ଟରବୋଜେଟ୍ ଇଂଜିନର ଏକ ମିଳନ ଚିତ୍ର ଅଟେ । ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ମାଧ୍ୟମ ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପରେ ତରଳ ଏବଂ ନିମ୍ନ ଉତ୍ତାପରେ କଠିନ ଅଟେ, ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ମିଳିତ ଇଂଜିନ ବହୁ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ । ସର୍ବ ପ୍ରଥମେ ଇଂଜିନ ପ୍ରଚଳିତ ଇନ୍ଧନ ଦ୍ୱାରା ଚାଲେ ଏବଂ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ବସ୍ତୁ ତରଳିବା ପରେ ନାଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଏହି ମିଳିତ ଉଦ୍ୟମ ଦ୍ୱାରା ବହୁ ଉପକାର ସାଧିତ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-40)

ଯଦି ବ୍ୟୋମଯାନ କୌଣସି ପ୍ରକାର ଉପରକୁ ଉଠେ, ତେବେ ଏହା ଦୀର୍ଘ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉପରେ ବିଚରଣ କରିପାରିବ, କାରଣ ଇନ୍ଧନର ଉପଯୋଗ ଅତି ନଗଣ୍ୟ ଅଟେ । ଏ ପ୍ରକାର ବ୍ୟୋମଯାନର ଓଜନ ଉଡ଼ିବା ସମୟରେ ସ୍ଥିର ରହେ । ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଓଜନ, ବ୍ୟୋମଯାନ ଓଜନର ସମାନୁପାତୀ । 3,000° C ର ନିମ୍ନ ଉତ୍ତାପରେ 20 କିଲୋମିଟର ଉଚ୍ଚତାକୁ ବ୍ୟୋମଯାନ ଉଠିବା କଷ୍ଟକର, କାରଣ ବ୍ୟୋମଯାନର ଆପେକ୍ଷିକ ଓଜନ ଅନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଭାବେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

ଜଳକୁ ଲବଣ ମୁକ୍ତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଓ୍ୱାର୍ (Neuclear Power for Desalting Water)—

କୃଷି, ଶିଳ୍ପ ଓ ଘରୋଇ ବ୍ୟବହାର ନିମିତ୍ତ ବିଶୁଦ୍ଧ ଜଳ ଆବଶ୍ୟକ । ଜଳଶୂନ୍ୟ ଅଞ୍ଚଳରେ ସଦ୍ୟ ଜଳର ଅଭାବ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏ ସବୁ ଅଞ୍ଚଳକୁ ବହୁ ଦୂରରୁ ଜଳ ଆସିଥାଏ । ଏହା ଏକ ବଡ଼ ଜଟିଳ ସମସ୍ୟା । ଯଦି ଖୁବ୍ କମ୍ ଲବଣ ଯୁକ୍ତ ଜଳକୁ ଲବଣ ମୁକ୍ତ କରିହେବ ତେବେ କିଛିଲାଂଶରେ ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୋଇପାରିବ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଓ୍ୱାର୍ ଉପଯୋଗ କରି ଫ୍ଲାସ ଡିସ୍‌ଟିଲେସନ୍ ନିୟମ (Flash Distilation Principle) ଅନୁସରଣ କରି ସମୁଦ୍ର ଜଳକୁ ଲବଣମୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ସାଧାରଣ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଚାପରେ ସମୁଦ୍ର ଜଳକୁ ଏହାର ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କଠାରୁ କମ୍ ଉତ୍ତାପ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗରମ କରାଯାଏ । ଉତ୍ତପ୍ତ ଜଳ କମ ଚାପରେ ଏକ ପ୍ରକୋଷ୍ଠକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ ଏବଂ ଏଠାରେ ଏହାର ଚାପ ହ୍ରାସ କରାଯାଏ । ଅଧିକାଂଶ ଜଳ ଏହି ନିମ୍ନ ଚାପରେ ହଠାତ୍ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବାଷ୍ପ ଘନୀଭୂତ ହୋଇ ଜଳରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହିପରି କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଚାପ ହ୍ରାସ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଥମେ ବାଷ୍ପୀକରଣ ଓ ପରେ ଘନୀକରଣ ସଂଘଟିତ ହୁଏ । ଅତି ଲବଣଯୁକ୍ତ ଜଳ (Brine)କୁ ପରିତ୍ୟାଗ କରାଯାଏ ।

ପ୍ରତିଦିନ 100 ନିୟୁତ ଗ୍ୟାଲନ୍ ଜଳ ନିଷ୍କାସନ କରୁଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ବ୍ୟୟ କମ୍ । କ୍ଷୁଦ୍ର ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟଗୁଡ଼ିକରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଜଳର ବ୍ୟୟ, ପ୍ରଚଳିତ ଉପାୟରେ ମିଳୁଥିବା ଜଳ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ବା ବେଶୀ ହେବ ତାହା ସନ୍ଦେହ ଜନକ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଦୁଇ ପ୍ରକାର ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପଦ୍ଧତି ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ । ଏକ ପ୍ରକାର ରିଆକ୍ଟର କେବଳ ଲବଣମୁକ୍ତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଓ ଅନ୍ୟ ଏକପ୍ରକାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଉଭୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଓ ସଦ୍ୟ ଜଳ ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହାର ହୋଇପାରେ । ସ୍ଥଳବିଶେଷରେ ଆବଶ୍ୟକତା ଅନୁଯାୟୀ ଯେ କୌଣସି ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରିବ ।

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଦରକାରୀ ପଦାର୍ଥର ରକ୍ଷଣାବେକ୍ଷଣ (Preservation of Radioactive Waste Product)

ବିଭିନ୍ନ କ୍ରମର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଦରକାରୀ ଉତ୍ପାଦନ-ଗ୍ୟାସୀୟ, ତରଳ ଓ କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ଇନ୍ଧନ ଚକ୍ରର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏଗୁଡ଼ିକୁ ଏପରି ଅବସ୍ଥାରେ ଏବଂ ଏପରି ସ୍ଥାନରେ ରଖିବାକୁ ପଡ଼ିବ ଯେପରି ଏମାନଙ୍କର

ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ବୃକ୍ଷଲତା, ପ୍ରାଣୀ ତଥା ମାନବ ସମାଜକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରି କ୍ଷତିଗ୍ରସ୍ତ ନ କରିପାରିବେ ।

ଯଦି ସମଗ୍ର ପୃଥିବୀର କାର୍ଯ୍ୟକଳାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ଶକ୍ତିଦ୍ୱାରା ପରିଚାଳିତ ହେବ ତେବେ ବିଭାଜନ ଜନିତ ଉତ୍ପାଦନ ମଧ୍ୟରୁ କ୍ଷଣସ୍ଥାୟୀ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥ ଲୋପ ପାଇବା ପରେ ପ୍ରତିବର୍ଷ 10^9 କ୍ୟୁରି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଦରକାରୀ ଉତ୍ପାଦନକୁ ସାଇତିବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ପଡ଼ିବ । ଏହାମଧ୍ୟ ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ଯେ 2000 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା ପ୍ରତିବର୍ଷ 10^{11} କ୍ୟୁରି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଦରକାରୀ ଉତ୍ପାଦନ ଜମା ହେବାକୁ ଲାଗିବ । ଏତେ ବେଶୀ ପରିମାଣର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତାକୁ ପୃଥିବୀର ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଛାଡ଼ିଦେଲେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଦୂଷିତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଜୀବଜଗତର ପ୍ରତି କ୍ଷତି ସାଧିତ ହେବ ।

ତେଣୁ ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଦରକାରୀ ପଦାର୍ଥକୁ ସାଇତିବା ନିମିତ୍ତ ବିଭିନ୍ନ ଉପାୟ ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଉଛି ।

ସମୁଦ୍ରରେ ବିକ୍ଷେପ (Dispersal in Ocean)

ସମୁଦ୍ରର ବିଶାଳ ଜଳରାଶି ମଧ୍ୟରେ ଯଦି ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅପଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥକୁ ମିଶାଇ ଦିଆଯାଏ ତେବେ ସମୁଦ୍ରର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ସ୍ତରରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟିବ । କିନ୍ତୁ ସମୁଦ୍ରରେ ସମପରିମାଣରେ ଏହା ବିକ୍ଷେପିତ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ଫଳ ସ୍ୱରୂପ ସ୍ଥାନେ ସ୍ଥାନେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ବୃଦ୍ଧି ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଅନ୍ୟ ସ୍ଥାନମାନଙ୍କରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ହ୍ରାସ ପାଇ ଥାଏ । ତେଣୁ ସମୁଦ୍ର ବିକ୍ଷେପ ଏକ ଫଳପ୍ରଦ ଉପାୟ ନୁହେଁ ।

ସ୍ଥାୟୀ ଭଣ୍ଡାର (Permanent Storage) :—

ଭୂ ଗର୍ଭରେ ଭଣ୍ଡାର କରି ସ୍ଥାୟୀ ଭାବେ ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅପଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥକୁ ରଖାଯାଇପାରେ । ସାଇତିବା ପୂର୍ବରୁ ବିଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତି ଅନୁସରଣ କରାଯାଏ ।

ଫ୍ଲୁଇଡାଇଜଡ୍ ବେଡ୍ କାଲସିନେସନ ପଦ୍ଧତି—

ଏହି ପଦ୍ଧତି ଅନୁସାରେ ଆଲୁମିନା (Al_2O_3) ର ସୂକ୍ଷ୍ମ କଣିକା ଥିବା ଏକ ସ୍ତରକୁ 400° Cରୁ 600° C ଉତ୍ତାପ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତପ୍ତ କରାଯାଏ ଏବଂ ଅଦରକାରୀ ଦ୍ରବଣକୁ ଏହା ଉପରକୁ ସ୍ପ୍ରେ କରାଯାଏ । ବାୟୁ ପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ଏହି କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ଫ୍ଲୁଇଡାଇଜଡ୍

ହୋଇ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଭଳି ବହିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ଉତ୍ତପ୍ତ ଆଲୁମିନା କଣିକା ସହ ଅପଶିଷ୍ଟ ସ୍ପ୍ରେ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକ ଘନିଷ୍ଠ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସନ୍ତି । ଜଳ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହେବା ପରେ ବିଭଜନ ଉତ୍ପାଦ କଠିନ ନାଇଟ୍ରେଟରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ତାପ ଦ୍ୱାରା ନାଇଟ୍ରେଟର ଅପଘଟନ ଘଟି ଏହା ଅକ୍ସାଇଡ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଅବଶିଷ୍ଟ କଠିନ ପଦାର୍ଥକୁ କାଚଭଳି ଏକ ପଦାର୍ଥରେ ଏପରି ପରିଣତ କରାଯାଏ ଯେପରି ଏହା ଜଳସହ କ୍ରିୟା କରି ନ ପାରିବ । ପରିଶେଷରେ ଏହା ଟାଙ୍କିରେ ସାଇତା ହୁଏ ।

ସ୍ପ୍ରେ-କାଲସିନେସନ ପଦ୍ଧତି—

ଅଦରକାରୀ ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ ଆଟମାଇଜିଙ୍ଗ ଟଂଚ ମଧ୍ୟଦେଇ ସିଲିଣ୍ଡର ସଦୃଶ ଅଟ୍ଟାଳିକା ଉପରକୁ ସ୍ପ୍ରେ କରାହୁଏ । ଏହି ସିଲିଣ୍ଡର ସଦୃଶ ଅଟ୍ଟାଳିକାର କାନ୍ଥଗୁଡ଼ିକ 400° C ଉତ୍ତାପ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୁଏ । ଅଟ୍ଟାଳିକା କାନ୍ଥଗୁଡ଼ିକରୁ ସୂକ୍ଷ୍ମ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ମିଳିଥାଏ । ଏହି କାଲସାଇନଡ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ 700° — 1200° C ଉତ୍ତାପରେ ଥିବା ଏକ ପାତ୍ରକୁ ପଠାଯାଏ । ଏହି ଅକ୍ସାଇଡ୍ ତରଳି ଷ୍ଟିଲ ପାତ୍ରକୁ ଯାଏ ଏବଂ ଏଠାରେ କଠିନ ହେବାପରେ ଏହାକୁ ସ୍ଥାୟୀ ଭଣ୍ଡାରକୁ ପଠାଯାଏ ।

ଫସ୍‌ଫେଟ ଗ୍ଲାସ ଫିକସେସନ ପଦ୍ଧତି—

ତରଳ ଅପଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥ ସହ ଫସ୍‌ଫୋରିକ ଏସିଡ୍ ମିଶାଯାଇ ବାଷ୍ପୀଭୂତ କରାଯାଏ । ଏହି ପଦାର୍ଥକୁ ପ୍ଲାଟିନମ୍-କ୍ରୁସିବଲରେ 1000ରୁ 1300° C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତାପ ଦିଆଯାଇ ତରଳ ଫସ୍‌ଫେଟ୍ ଗ୍ଲାସରେ ପରିଣତ କରାଯାଏ । ଏହା କଠିନ ହେବାପରେ ଟାଙ୍କିରେ ସାଇତା ଯାଏ ।

ପଟ୍-କାଲସନେସନ ଟେକନିକ୍—

ତରଳ ଅପଶିଷ୍ଟ ପଦାର୍ଥକୁ 900° C ଉତ୍ତାପରେ ଥିବା ଏକ ପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଇ ଉତ୍ତାପ ପ୍ରୟୋଗ କରାହୁଏ । ଜଳ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହେବା ପରେ ଲବଣ ତଳେ ବସି ରହେ । ଏହିପରି ଥରକୁ ଥର ଅପଶିଷ୍ଟ ଦ୍ରବଣକୁ ଢଳାଯାଏ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଜଳ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହେବା ପରେ ଅବଶିଷ୍ଟ ଲବଣ ତଳେ ବସି ରହେ । ବସି ରହିଥିବା ଲବଣ କଠିନ ଆକାର ଧାରଣ କଲାପରେ ଏହି ପାତ୍ରକୁ ସିଲ କରି ବନ୍ଦ କରାଯାଏ ଏବଂ ଟାଙ୍କିରେ ସାଇତାଯାଏ ।

ପଞ୍ଚମ ଅଧ୍ୟାୟ

ନିଉକ୍ଲୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର

ପରମାଣୁ ବୋମା (Atom Bomb)

ନିୟମ—

ଯଦି କ୍ଷଣକ ମଧ୍ୟରେ, ଖୁବ୍ କମ୍ ଆୟତନରୁ ବହୁ ପରିମାଣର ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୁଏ, ତେବେ ଏହାକୁ ବିସ୍ଫୋରଣ କହନ୍ତି । ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବିସ୍ଫୋରଣ ନିମିତ୍ତ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁ ବିଭାଜନୀୟ ହେବା ବାଞ୍ଛନୀୟ । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ବୋମାର ସମସ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବିଭାଜନୀୟ ହେବା ନିତାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ଦୁଇଟି ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବିଷୟ ହେଲା—

(1) ବିଶୁଦ୍ଧ u—235 ବା Pu—239 ବସ୍ତୁତ୍ୱର ଆକୃତି, କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତି ଠାରୁ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ, ଯେପରି ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରହି ପାରିବ ।

(2) ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ବିଭାଜନ ନିଶ୍ଚୟ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ, ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା ବିସ୍ଫୋରଣ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ହୋଇ ପାରିବ ।

ବୋମା ନିମିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ ଇନ୍ଧନ

ୟୁରାନିୟମ—

ୟୁରାନିୟମ୍‌ର ଦୁଇଗୋଟି ଆଇସୋଟୋପ ଅଛି, u—235 ଓ u—238 । ୟୁରାନିୟମ ଧାତୁରେ ପ୍ରଥମ ଆଇସୋଟୋପର ପରିମାଣ ଦ୍ୱିତୀୟ ଅପେକ୍ଷା ଢେର କମ୍ । ଅର୍ଥାତ୍ 140 ଭାଗ ୟୁରାନିୟମ ଧାତୁରେ ଏକଭାଗ u—235 ଥାଏ । ଏହି u—235 ସହଜରେ ବିଭାଜନୀୟ ହୁଏ । ବୋମା ନିମିତ୍ତ ଅତି ବିଶୁଦ୍ଧ u—235 ଆବଶ୍ୟକ । [illegible] u—235କୁ

ସମୃଦ୍ଧ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ସାଧାରଣ ୟୁରାନିୟମ ଧାତୁରୁ u—235କୁ ପୃଥକ୍ କରି କିପରି ସମୃଦ୍ଧ କରାଯାଇ ପାରେ ସେ ବିଷୟରେ ପ୍ରଥମରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ।

ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ—

u—235 ବ୍ୟତୀତ ଆଉ ଏକ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ମଧ୍ୟ ଇନ୍ଧନର କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ । ଏହି ମୌଳିକବସ୍ତୁଟି u—238ରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇପାରେ । ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା u—238 ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌ରେ କିପରି ପରିଣତ ହୁଏ ତାହା ପ୍ରଥମ ଅଧ୍ୟାୟରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ ହୋଇଛି ।

ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ ବୋମାନିମିତ୍ତ ଆନୁମାନିକ 60—70 କିଲୋଗ୍ରାମର ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଏତେ ପରିମାଣର ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ପାଇବା ଅସମ୍ଭବ ମନେ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା ଏ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୋଇପାରିଛି । ୟୁରାନିୟମ୍—235ର ବିଭଜନ ଦ୍ୱାରା ବିରାଟ ଶକ୍ତିସହ ତୀବ୍ରନିଉଟ୍ରନ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ଟିବନିଉଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକୁ ଯଦି ଧୀର କରାଯାଏ, ତେବେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ u—235ରେ ବିଭଜନ ଘଟାଇଥାନ୍ତି ଓ ଆଉ କେତେକ u—238ରେ ବାଧାପାଇ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି । ଯଦି ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣର ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ବିଭଜନ ଦ୍ୱାରା ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ତେବେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼ ଦ୍ୱାରା ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ, ନଚେତ ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା ବିନାଶ ଘଟିଥାଏ ।

ଥୋରିୟମ୍ :—u—235, ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ବ୍ୟତୀତ ଥୋରିୟମ ମଧ୍ୟ ପରମାଣୁ ବୋମା ଇନ୍ଧନରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ପୃଥିବୀରେ ଥୋରିୟମ ବହୁ ପରିମାଣର ମହଜୁଦ ଅଛି । ଥୋରିୟମରେ ଥୋରିୟମ—232 ଆଇସୋଟୋପ୍ ପରିମାଣ ଅଧିକ । ଥୋରିୟମ—232କୁ ଧୀର (Slow) ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଆଘାତ କରାଇଲେ ଏହା u—233ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧଆୟୁକାଳ ବେଶୀ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ଆଇସୋଟୋପ୍ ପ୍ରାୟ ସ୍ଥାୟୀ । ତେଣୁ ପରମାଣୁ ବୋମାର ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଆମଦେଶର ମୋନାଜାଇଟ୍ ବାଲିରୁ ଅପର୍ଯ୍ୟାପ୍ତ ପରିମାଣର ଥୋରିୟମ ବାହାର କରି ବୋମା ତିଆରି କରାଯାଇପାରିବ ।

ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପରେ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନଦ୍ୱାରା ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହେଲେ u—238ରେ ମଧ୍ୟ ବିସ୍ଫୋରଣ ହୋଇପାରେ । u—238 ସାଧାରଣତଃ ପରମାଣୁ ବୋମାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ମେଗାଟନ ବୋମାରେ u—238 ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଛି ।

ଇନ୍ଧନ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେଲାପରେ ବୋମାର ଆକୃତି ଓ ଏହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଇନ୍ଧନ କିପରି ସଜ୍ଜା ହୋଇ ରହେ ତାହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । u—235 ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ନିଉଟ୍ରନ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିଲେ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ହୋଇ ବିସ୍ଫୋରଣ ହୋଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ଯେ କୌଣସି ଆକୃତିର u—235 ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମରେ ନିଉଟ୍ରନ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା କରିପାରେ ନାହିଁ । କ୍ଷୁଦ୍ର ଖଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ନିଉଟ୍ରନ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ କରିବାପରେ ବହୁ ଗୁଡ଼ିଏ ନିଉଟ୍ରନ ନିର୍ଗତ ହୋଇ ବାହାରକୁ ଖସି ପଳାନ୍ତି । ତେଣୁ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା କ୍ରମବର୍ଦ୍ଧିଷ୍ଣୁ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଏହା ସ୍ଥିର ହୋଇଛି ଯେ u—235 ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମର ଏକ କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତି ଆବଶ୍ୟକ, ଯାହା ଭିତରେ ନିଉଟ୍ରନ କ୍ରମବର୍ଦ୍ଧିଷ୍ଣୁ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା କରିବାକୁ ସମର୍ଥ ହେବ ଏବଂ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ମାନେ ବାହାରକୁ ଖସି ପଳାଇବା ସମ୍ଭବ ହେବ ନାହିଁ ।

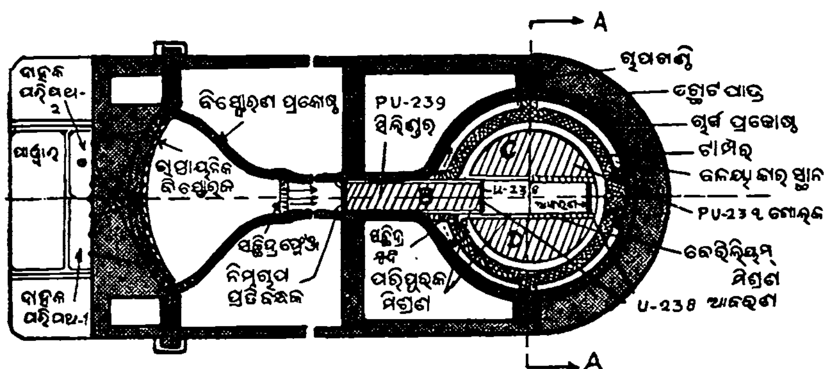
ମାରଣାସ୍ତ୍ର ପ୍ରସ୍ତୁତି ନିମିତ୍ତ ଏଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ u—235 ଇନ୍ଧନର କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତି 2 ପାଉଣ୍ଡରୁ ଆରମ୍ଭ କରି 200 ପାଉଣ୍ଡ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବସ୍ତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଅତି ବେଶୀ ହେଲେ ଏହାର ଆକାର 12 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୋଲକ ସହ ସମାନ ।

u—235 ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ନିମିତ୍ତ ଯେଉଁ କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତି ଆବଶ୍ୟକ, ସେହି ଆକୃତିରେ ଏଗୁଡ଼ିକୁ ରଖିବା ନିରାପଦ ନୁହେଁ । କାରଣ ବେଳେ ବେଳେ ଆକାଶର ଧୀର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ କରି ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇ ଥାଏ । ତେଣୁ ବୋମା ମଧ୍ୟରେ u—235 ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଖଣ୍ଡକୁ ପୃଥକ୍ ପୃଥକ୍ ରଖା ଯାଇଥାଏ । ଏବଂ ଏପରି ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଯେ ବୋମା ନିକ୍ଷେପଣ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଏହି ଦୁଇଖଣ୍ଡ ଏକତ୍ର ହୋଇ କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତିକୁ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ତାପରେ ଧୀର (Slow) ନିଉଟ୍ରନ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇ ଥାଏ ।

କେଉଁ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ମାରଣାସ୍ତ୍ର ନିକ୍ଷେପ କରାଯିବ ତାହା ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ ଏକ ପ୍ରକାର "ଟ୍ରିଗର" (Trigger)ର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଆଣବିକ ମାରଣାସ୍ତ୍ରର ଏହି 'ଟ୍ରିଗର' ଏପରି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଯେ ନିମ୍ନକ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତିକୁ ହଠାତ୍ ଅତିକ୍ରାନ୍ତିକ (Super Critical) କରିପାରିବ ଏବଂ ବିସ୍ଫୋରଣ ପୂର୍ବ ମୁହୂର୍ତ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହା ନିମ୍ନ କ୍ରାନ୍ତିକ ହୋଇ ରହିବ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ସମ୍ଭବତଃ ଦୁଇ ବା ତିନି ପ୍ରକାର ଉପାୟ ଅଛି ଯଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଏହା ହଠାତ୍ ଅତି କ୍ରାନ୍ତିକ ହୋଇ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇ ପାରିବ ।

(1) ସମଗ୍ର ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁକୁ ଏପରି ଦୁଇଖଣ୍ଡ କରି ପୃଥକ ରଖାଯାଏ ଯେ ପ୍ରତି ଖଣ୍ଡର ଆକୃତି ବୋମା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସଙ୍କଟାପନ୍ନ ଆକୃତିଠାରୁ କମ୍ ହୁଏ (ନିମ୍ନକ୍ରାନ୍ତିକ) କିନ୍ତୁ ଦୁଇଖଣ୍ଡ ଏକତ୍ର ହେଲେ କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତିଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ । ଯାନ୍ତ୍ରିକ ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ଦ୍ୱାରା ଏହି ଦୁଇ ଖଣ୍ଡକୁ ଏକତ୍ର କରିବା କଠିନ ନୁହେଁ । ଏହି ଦୁଇଖଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିକୁ କ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତିର ପାଖାପାଖି ରଖାଯାଏ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଖଣ୍ଡଟିକୁ ଖୁବ କ୍ଷୁଦ୍ର କରାଯାଇଥାଏ । ଏକ ପ୍ରକାର ବନ୍ଧୁକ ସାହାଯ୍ୟରେ ବନ୍ଧୁକ ଗୁଳି ଭଳି ଏହି କ୍ଷୁଦ୍ର ଖଣ୍ଡକୁ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ସମୟରେ ଗୁଳି କରାଯାଏ ଏବଂ ଏହି କ୍ଷୁଦ୍ର ଖଣ୍ଡ ଅନ୍ୟ ବଡ଼ ଖଣ୍ଡ ସହ ମିଶି ଅତିକ୍ରାନ୍ତିକ ଆକୃତିକୁ ଆସି, ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ସୃଷ୍ଟି କରି ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇଥାଏ ।

(2) ଏହି ଦ୍ୱିତୀୟ ପଦ୍ଧତିକୁ ଅନ୍ତଃସ୍ଫୁରଣ (Implosion) ନିୟମ କହନ୍ତି । ଗୋଟିଏ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣର ନିମ୍ନ କ୍ରାନ୍ତିକ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁକୁ ଗୋଟିଏ ପତଳା ଗୋଲକାର ଖୋଳ ଆକାରରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଗୋଲକାର ଖୋଳ ଭିତର ଫମ୍ପା ଅଟେ । କୌଣସି ପ୍ରକାରର ବାହ୍ୟ ଚାପ ଦ୍ୱାରା ଏହି ଫମ୍ପା ଗୋଲକକୁ ଏକ ନିଦା କଠିନ ଗୋଲକରେ ପରିଣତ କରାଯାଇପାରେ ଏବଂ ଏହାର ଭିତରର ବସ୍ତୁ କ୍ରାନ୍ତିକ ବା ଅତିକ୍ରାନ୍ତିକ ହୋଇଥାଏ । ରାସାୟନିକ ବିସ୍ଫୋରଣ ଏହି ଗୋଲକାର ଖୋଳ ବାହାରେ ଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା ଏହା ଭିତର ବସ୍ତୁ ଚାପଦ୍ୱାରା ଚାପିହୋଇ ଅତିକ୍ରାନ୍ତିକ ଅବସ୍ଥାକୁ ଆସି ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-41)

ବୋମା ଡ଼ିଜାଇନ :—

ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ବୋମାର ଏକ ଡିଜାଇନ୍ ଚିତ୍ର ପୂର୍ବପୃଷ୍ଠାରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଅତିକ୍ରାନ୍ତିକ ବସ୍ତୁକୁ ଦୁଇ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରି ପୃଥକ୍ ପୃଥକ ଭାବେ C ଓ D ରେ ରଖାଯାଇଛି । ଏହି C ଓ D ମଧ୍ୟରେ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର (Solid Cylinder) ପୂର୍ଣ୍ଣରୂପେ ଭାବେ ରହି ପାରିଲାଭଳି ସ୍ଥାନ ଅଛି । ଯେତେବେଳେ B, C ଓ D ମଧ୍ୟରେ ରହେ ସେତେବେଳେ ବିଭାଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଅତିକ୍ରାନ୍ତିକ ହୋଇ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଏ । ଏହି ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର Bକୁ C ଓ D ମଧ୍ୟରୁ ବାହାର କରି ନିମ୍ନ ଚାପରେ ସାମୟିକ ଭାବେ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ଦ୍ୱାରା ଧରି ରଖାଯାଏ । ଏହାକୁ ଧରି ରଖିଥାଏ ନିମ୍ନଚାପ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ (Low Pressure Stay) ଉଚ୍ଚ ଅକ୍ଷୀୟ ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ ଫଳରେ ଏହି ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ଦୂର ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ସିଲିଣ୍ଡର B C ଓ D ମଧ୍ୟକୁ ଯାଇ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ପୂରଣ କରିଥାଏ ।

ଯଦି ଏହି ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର ଖୁବ ଧୀରେ ଧୀରେ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟକୁ ଗତି କରେ ତେବେ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ସମୟ ପୂର୍ବରୁ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟିବାର ସମ୍ଭାବନା ଖୁବ ଅଧିକ । କାରଣ B, C ଓ D ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ରହିବା ପୂର୍ବରୁ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ହୋଇଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଇନ୍ଧନର ଆୟତନରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟି ବହୁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଖସି ପଳାନ୍ତି ଏବଂ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । ବିଭିନ୍ନ ପରୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ହୋଇ ଶେଷ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଖୁବ୍ କମ୍ ସମୟ ଲାଗିଥାଏ—ପ୍ରାୟ 1ରୁ 2 ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ । ତେଣୁ ବୋମା ଡ଼ିଜାଇନ୍ ନିମିତ୍ତ ବହୁ ସମସ୍ୟାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ପଡ଼େ ।

ପ୍ରଥମତଃ ଏହି ଅଳ୍ପ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କପରି ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର Bକୁ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟକୁ ନିକ୍ଷେପ କରାଯାଇ ପାରିବ । ଯଦି ରାସାୟନିକ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟେ ତେବେ ଅତି ଉଚ୍ଚ ପରିବେଗରେ ନିଦା ସିଲିଣ୍ଡର ଗତି କରିବା ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରିବ । ସେଥିନିମିତ୍ତ ଏକ ଧାତବ ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ (Metallic Anti Chamber) ରଖାଯାଇଛି । ଏହି ଅର୍ଦ୍ଧଗୋଲକାର ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଉପରି ଭାଗରେ ସମାନ ସମାନ ଦୂରତାରେ ରାସାୟନିକ ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥ ସଜ୍ଜା ହୋଇ ରହିଥାଏ । ଏହି ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥରେ ଏକ ସମୟରେ ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ କରାଯାଏ । ଏହି ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ କାର୍ଯ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାପ (Electrical Arc) ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରତି ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥ ପୃଥକ ପୃଥକ ଭାବେ ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ ଚାପରୁ ଅଗ୍ନି ଗ୍ରହଣ କରିଥାନ୍ତି । ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗକାରୀ ପରିପଥ ଦ୍ୱୟ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବେ

ସଂଯୁକ୍ତ । ଯଦି କୌଣସି କାରଣରୁ ଏକ ପରିପଥ କାର୍ଯ୍ୟ ନକରେ, ତେବେ ଅନ୍ୟ ପରିପଥଟି କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

ଏକ ସମୟରେ ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ ଓ ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଘାତୀ ତରଙ୍ଗ (Shock Waves) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇ ନଦୀ ସିଲିଣ୍ଡର ଆଡ଼କୁ ଗତି କରିଥାନ୍ତି । ସରନ୍ଧ୍ର ଫ୍ଲେଞ୍ଜ (Porous Flange) ଦ୍ୱାରା ସମରୂପ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ରୂପ ଲମ୍ବଭାବେ ନଦୀ ସିଲିଣ୍ଡରକୁ ଆଘାତ କରିଥାଏ । ଖୁବ ଜୋରରେ ଆଘାତ ପାଇବାପରେ ନିମ୍ନରୂପ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ଭାଙ୍ଗିଯାଏ ଏବଂ ନଦୀ ସିଲିଣ୍ଡର C ଓ D ମଧ୍ୟରେ ଯୁକ୍ତ ହୋଇଯାଏ । ଏ ସମସ୍ତ କ୍ରିୟା ମାତ୍ର 2 ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଘଟିଥାଏ ।

ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ଏହି ଦୁଇ ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣର ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ସୃଷ୍ଟି ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ବିସ୍ଫୋରଣ ପୂର୍ବରୁ ବାହାରୁ ଅବାଞ୍ଛିତ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ (Stray Neutron) ଗ୍ରହଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ନଦୀ ସିଲିଣ୍ଡରର ମୁଖଭାଗ ଏବଂ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡରର ପ୍ରାନ୍ତ ଭାଗରେ u – 238ର ଆବରଣ ଦିଆ ଯାଇଥାଏ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ଠିକ୍ ସମୟରେ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ବେରିଲିୟମ୍ ମିଶ୍ରଣ (Beryllium Mixture) ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡରର ଦ୍ୱିତୀୟାର୍ଦ୍ଧ ଓ ନଦୀ ସିଲିଣ୍ଡରର ପ୍ରଥମାର୍ଦ୍ଧରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ବେରିଲିୟମ ମିଶ୍ରଣ ଦିଆଯାଇଥାଏ ।

ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡରର ପ୍ରଥମାର୍ଦ୍ଧ ଓ ନଦୀ ସିଲିଣ୍ଡରର ଦ୍ୱିତୀୟାର୍ଦ୍ଧରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ପ୍ରକାର ମିଶ୍ରଣର ଆବରଣ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଏହା ଖୁବ ଜୋରରେ ବେରିଲିୟମ ମିଶ୍ରଣ ସହ ଘଷି ହୋଇ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପତ୍ତି କରିଥାଏ । ନଦୀ ସିଲିଣ୍ଡର, ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟକୁ ଅଧା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗଲେ ମଧ୍ୟ ଏ ପ୍ରକାର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ ଦ୍ୱାରା କୌଣସି ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇ ନଥାଏ ।

ଯେତେବେଳେ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଜୋର୍ ସୋର୍ ରେ ବଢିଗଲେ, ବହୁ ପରିମାଣର ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଯଦି ଏହି ଗୋଲାକାର ଇନ୍ଧନକୁ ଅତି ସାନ୍ଦ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ବସ୍ତୁରୁ ନିର୍ମିତ ଗୋଲକାର କବଚ (Shell) ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ ତେବେ ଏହି କବଚରୁ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ-ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତିଫଳିତହୋଇ ଫେରିଯାନ୍ତି । ଏ କବଚକୁ ଟାମ୍ପର (Tamper) ବା ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ପ୍ରତିଫଳକ କହନ୍ତି । ଏହାଦ୍ୱାରା ବୋମାର ଆକାର ହ୍ରାସ ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବ୍ୟୟ ମଧ୍ୟ କମ୍ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଟାମ୍ପର ମଧ୍ୟ ଆଉ ଏକ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଏହି ଟାମ୍ପର ବିସ୍ଫୋରଣ ଶକ୍ତିକୁ ଆହୁରି ବଢ଼ାଇ ଦେଇଥାଏ । ବିସ୍ଫୋରଣ ଆରମ୍ଭ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ

ବିସ୍ଫୋରିତ ପଦାର୍ଥର ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ଚାରିଆଡ଼କୁ ଛିଞ୍ଚାଡ଼ି ହୋଇ ଚାଲିଯିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଟାମ୍ପର ଏହି ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକୁ ବାହାରକୁ ଯିବାକୁ ଦିଏ ନାହିଁ, ଏବଂ କିଛିକ୍ଷଣ ପାଇଁ ଇନ୍ଧନର ସଂପ୍ରସାରଣକୁ ସ୍ଥଗିତ କରିଦିଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ବିଭଜନ ଅନୁକ୍ରିୟା ଆହୁରି ତୀବ୍ର ହେବାରୁ ବିସ୍ଫୋରଣରେ ପ୍ରଚଣ୍ଡତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

ଏହି ଗୋଲକାର ଟାମ୍ପରକୁ ବଳୁଆ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହାର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏକ ବଳୟାକାର ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଯେପରି ନଳୀ ସିଲିଣ୍ଡର B, C ଓ D ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରେ, ଗୋଟିଏ ସରୁ ବଳୟ ଏହି ବଳୟାକାର ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଓ ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରକୋଷ୍ଠକୁ ସଂଯୋଗ କରେ । ତେଣୁ ଟାମ୍ପରରେ ଚାପର ବୃଦ୍ଧି ଘଟେ ଏବଂ ଏହି ଚାପ ଅରୀୟ (Radially) ଭାବେ ବାଣ୍ଟି ହୋଇଯାଏ । ଇନ୍ଧନ ସଂପ୍ରସାରଣ ଜନିତ ଅରୀୟ ଚାପ ସହ ଏହି ଚାପ ତୁଳନୀୟ ।

ଚିତ୍ରରେ ଚାପଗଣ୍ଠି (Pressure Joints) ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଓ ଟାମ୍ପରର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଅରୀୟ ଚାପ ଅନୁଭବ କରୁଥିବାରୁ ଏହି ଅଂଶଗୁଡ଼ିକୁ ଅର୍ଦ୍ଧଗୋଲକାର ଭାବେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରି ପରେ ଚାପ ଗଣ୍ଠି ଦ୍ୱାରା ଯୋଡ଼ାଯାଏ । ଯେତେବେଳେ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଚାପ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ, ସେତେ-ବେଳେ ଏହି ଗଣ୍ଠିଗୁଡ଼ିକରେ ମଧ୍ୟ ଚାପ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

ଯଦି ଉପରୋକ୍ତ ଉପାୟରେ ଏକ ପରମାଣୁ ବୋମା 8 କିଲୋଗ୍ରାମ Pu – 239 ନେଇ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଏ ତେବେ ଏହାର ବିସ୍ଫୋରକ କ୍ଷମତା 20 କିଲୋଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ ହେବ ।

ଏକ କିଲୋଗ୍ରାମ ୟୁରାନିୟମ ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଶକ୍ତି 20,000 ଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ହିରୋସିମା ଓ ନାଗାସାକିରେ ବ୍ୟବହୃତ ପରମାଣୁ ବୋମାର ବିସ୍ଫୋରକ କ୍ଷମତା 20 କିଲୋଟନ TNT ସହ ସମାନ । ଯେଉଁ ବୋମାର ବିସ୍ଫୋରକ କ୍ଷମତା ହଜାର ହଜାର ଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ, ସେଗୁଡ଼ିକୁ କିଲୋଟନ୍ ମାରଣାସ୍ତ୍ର ଏବଂ ଯେଉଁ ବୋମାର ବିସ୍ଫୋରକ ଶକ୍ତି ନିୟୁତ ଟନ୍ TNT ସହ ସମାନ ତାକୁ ମେଗାଟନ ମାରଣାସ୍ତ୍ର କହନ୍ତି । ନିଉକ୍ଲିୟର ମାରଣାସ୍ତ୍ର ବର୍ଣ୍ଣନା କଲାବେଳେ କିଲୋଟନ୍, ମେଗାଟନ୍ ଶବ୍ଦ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି କିଲୋଟନ୍ ବା ମେଗାଟନ୍ ବୋମାର ଓଜନକୁ ବୁଝାଇ ନଥାନ୍ତି; ବୋମାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଶକ୍ତି TNTରେ ବୁଝାଇ ଥାନ୍ତି ।

ନଉକ୍ଲୟାର ସଂଯୋଜନ ଓ ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମା

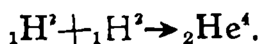
(Nuclear Fusion—The Hydrogen Bomb)

ଉଦଜାନ ବୋମାକୁ ଏକ ସଂଯୋଜନ ମାରଣାସ୍ତ୍ର କହନ୍ତି କାରଣ ଏହାର ବିସ୍ଫୋରଣ ହାଲୁକା ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନରୁ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଥମ ପରମାଣୁ ବୋମାର ଆବିଷ୍କାର ପୂର୍ବରୁ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ନଉକ୍ଲୟାର ସଂଯୋଜନ ନିୟମାବଳୀ ଜାଣିଥିଲେ । ବହୁ ପୂର୍ବରୁ ଏହାମଧ୍ୟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୋଇଛି ଯେ ସୂର୍ଯ୍ୟ ଓ ଅନ୍ୟ ନକ୍ଷତ୍ରମାନେ ଯେଉଁ ଆଲୋକ ଓ ତାପ ବିକିରଣ କରନ୍ତି ତାହା ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ହାଲୁକା ଆଣବିକ ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନରୁ ମିଳିଥାଏ ।

କୌଣସି କ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ କରିବାକୁ ହେଲେ ତାହାକୁ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ ନଉକ୍ଲିୟର୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ନିମିତ୍ତ ମଧ୍ୟ ବାହ୍ୟ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଏହି ବାହ୍ୟଶକ୍ତି ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ପରିମାଣର ବିଭିନ୍ନ ଅଭିକ୍ରିୟା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । ବିଭାଜନ ନିମିତ୍ତ ବାହ୍ୟଶକ୍ତି ନିଉଟ୍ରନ ଯୋଗାଇଥାଏ । ହାଲୁକା ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନ ନିମିତ୍ତ ବାହ୍ୟଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା ସେମାନେ ପରସ୍ପର ସହ ଅତି ବେଗରେ ଘର୍ଷଣ କରିପାରିବେ । ଯଦି ଏହି ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ହୁଅନ୍ତି ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ପୃଷ୍ଠତାନବଳ (Surface Tension) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣ ବଳଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ସଂଯୋଜନ ଆରମ୍ଭ ହୁଏ । ଦୁଇଟି କ୍ଷୁଦ୍ର ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ମିଶି ଗୋଟିଏ ବଡ଼ ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ହେବାରୁ ପୃଷ୍ଠକ୍ଷେତ୍ରଫଳ (Surface Area) କମି ଅଧିକ ପୃଷ୍ଠଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ସଂଯୋଜନ :—

ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଦୁଇ ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍ ନଉକ୍ଲିୟସ୍ ମିଶି କିପରି ଏକ ହିଲିୟମ ନଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି ତାହା ଆଲୋଚନା କରିବା ।



$${}_1H^2 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4.$$

ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍ ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ହେଲ 2·01471 amu. ତେଣୁ ଦୁଇଟି ଡ୍ୟୁଟେରିୟମର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $2 \times 2{\cdot}0174 = 4{\cdot}02942$ amu.

ହିଲିୟମ୍ ପରମାଣୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $= 4{\cdot}00388$ amu.

ତେଣୁ ଏମାନଙ୍କ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ $=4{\cdot}02942-4{\cdot}00388=0{\cdot}02554$ amu. । ଏହି ବସ୍ତୁତ୍ୱ $0{\cdot}02554$ amu ଶକ୍ତିରେ ରୂପାନ୍ତର ହୁଏ ତେବେ $0{\cdot}02554 \times 231=24$ Mev ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହେବ ।

ଅର୍ଥାତ୍ ଦୁଇଟି ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ସଂଯୋଜନ ଘଟି ଗୋଟିଏ ହିଲିୟମ୍ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହେଲେ 24 Mev ଶକ୍ତି ଜାତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରତି ସଂଯୋଜନ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରତି ବିଭଜନରେ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । u$-$235 ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାୟ 200 Mev ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍ ଦ୍ୱୟ ଯୁକ୍ତଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣ ବଳଥାଏ । ଡ୍ୟୁଟେରିୟମର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $r_o=1{\cdot}5\times10^{-13}$cm (approx) । ସଂଯୋଜନ ଦ୍ୱାରା ଉଭୟ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍ ଗୋଟିଏ ନୂତନ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇପାରିବେ ଯଦି ଦୁଇ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍ କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଦୂରତ୍ୱ ଅତି କମରେ $2\times1{\cdot}5\times10^{-13}=3\times10^{-13}$ cm ହେବ ।

ନାଉକ୍ଲିୟସ୍ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିକର୍ଷଣ ଜନିତ ସ୍ଥୈତିକ ଶକ୍ତି (Potential Energy)

$$V=\frac{e^2}{2r_o}=\frac{(4{\cdot}8\times10^{-10})^2}{2\times1{\cdot}5\times10^{-13}}=0.77\times10^{-6} \text{ erg.}$$

ଏଠାରେ 'e' ପ୍ରତି ନାଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଯୁକ୍ତଗୁଣ ଅଟେ ।

1 Mev $=1{\cdot}6\times10^{-6}$ erg. । ତେଣୁ ସ୍ଥୈତିକ ଶକ୍ତି ପ୍ରାୟ 481 Kev. ତେଣୁ ଦୁଇ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଅତି କମ୍‌ରେ 481 Kev ଶକ୍ତି ଥିଲେ ସେମାନେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିକର୍ଷଣ ବଳକୁ ଅତିକ୍ରମ କରି ପରସ୍ପର ସହ ସଂଯୋଜିତ ହୋଇପାରିବେ । ଏତେ ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି କେବଳ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍‌କୁ ଗରମ କରିବା ଦ୍ୱାରା ଦିଆଯାଇ ପାରେ । ଯଦି ଉତ୍ତାପ T ହୁଏ, ତେବେ ହାରାହାରି ଗତିଜ ଶକ୍ତି $E=\frac{3}{2}$ KT

ଯଦି $E = 0.77 \times 10^{-6}$ ଅରଗ୍ ହୁଏ ତେବେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉତ୍ତାପ

$$0.77 \times 10^{-6} = \frac{3}{2} \times 1.3804 \times 10^{-16} T$$

ଅଥବା $T = 3.72 \times 10^{9}$ K.

ଏହି ଉତ୍ତାପ ବିଭାଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଉତ୍ତାପ ଅପେକ୍ଷା ମଧ୍ୟ ଅଧିକ ।

ଦୁଇଟି ନିଉକ୍ଲିୟସ ସଂଯୋଜନରୁ ବହୁତ ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଏହି ତାପ ଶକ୍ତିର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସି ଅନ୍ୟ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଅବଶ୍ୟକୀୟ ବାହ୍ୟଶକ୍ତି ପାଇ ସଂଯୋଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏ ପ୍ରକାର ସଂଯୋଜନରେ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲେ ଏବଂ ଅନବରତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହେବାସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଅଧିକରୁ ଅଧିକତର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ସଂଯୋଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ବିଭାଜନରେ ଅଂଶଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା କଣିକା (ନିଉଟ୍ରନ୍) ଉପରେ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ନିର୍ଭରକରିଥାଏ । ତେଣୁ ବିଭାଜନ ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ କଣିକା ଚେନ୍ କହନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସଂଯୋଜନ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ତାପ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି କୌଣସି ପ୍ରକାର କେତେଗୁଡ଼ିଏ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ବାହ୍ୟ ଶକ୍ତି ପାଇ ସଂଯୋଜିତ ହେଲେ ତେବେ ଏହି ସଂଯୋଜନରୁ ବି ବହୁତ ତାପମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆଗେଇ ଚାଲେ । ଏହାକୁ ତାପୀୟ ଚେନ "Thermal Chain" କହନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଏହା କଣିକା ଚେନ (Particle Chain) ଭଳି ନୁହେଁ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ସଂଯୋଜନ ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ଓ ସଂଯୋଜନ ମାରଣାସ୍ତ୍ରକୁ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର କହନ୍ତି ।

ସୂର୍ଯ୍ୟ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ତାପ ପ୍ରାୟ 15 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରି ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ । ଆଉ କେତେକ ନକ୍ଷତ୍ରର ଉତ୍ତାପ ମଧ୍ୟ ଏହାଠାରୁ ଅଧିକ । ଏହି ବିରାଟ ଉତ୍ତାପ ମଧ୍ୟରେ ସୂର୍ଯ୍ୟର ସଂଯୋଜନ ଅଭିକ୍ରିୟା ହୋଇଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ଅତି ଜଟିଳ ଏବଂ ଅବିରତ ଉଦ୍‌ଜାନ ପରମାଣୁ ଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନରୁ ହିଲିୟମ୍ ନିୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାନ୍ତି । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍‌କୁ ମଧ୍ୟ ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ କରାଯାଇ ପାରେ ।

ଉଦ୍‌ଜାନର ଅନ୍ୟ ଏକ ଆଇସୋଟୋପ ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ । ଏହି ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍‌କୁ ବ୍ୟବହାର କରି ମଧ୍ୟ ସଫଳ ଅଭିକ୍ରିୟା କରି ହେବ । ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନ ଓ ଦୁଇଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅଛନ୍ତି ଏବଂ ଆୟୁକାଳ ମଧ୍ୟ ଅଧିକ । ଅପେକ୍ଷାକୃତ କମ୍ ଉତ୍ତାପରେ ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ ଅପେକ୍ଷା ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର କ୍ରିୟା କରି ବହୁ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ କରିଥାଏ । 10-20 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ଼ ମଧ୍ୟରେ ବହୁ ଗୁଡ଼ିଏ ସଂଯୋଜନ ଅଭିକ୍ରିୟା ପରପୃଷ୍ଠାରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ସାରଣୀ—7

ଉଦ୍‌ଜାନ ଓ ଏହାର ଆଇସୋଟୋପ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଜନ ଅଭିକ୍ରିୟା

(Fusion Rections of Hydrogen and its Isotopes)

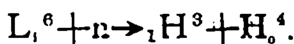
ସଂଯୋଜନ ଅଭିକ୍ରିୟା (Fusion Reaction)	ମୁକ୍ତଶକ୍ତି Mev· (Energy released)	ଅଭିକ୍ରିୟା ସମୟ 10-20 ନିୟୁତ ଡ଼ିଗ୍ରି ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ଼୍ (Reaction time 10 to 20 millions degree centigrade)
$H^1 + H^1 \rightarrow H^2 + e$	1·4	10^{11} ବର୍ଷ
$H^2 + H^1 \rightarrow H_e^3 + h\gamma$	5	0·5 ସେକେଣ୍ଡ
$H^3 + H^1 \rightarrow H_e^4 + h\gamma$	20	0·05 ,,
$H^2 + H^2 \rightarrow H_e^3 + n$	3·2	0·00003 ,,
$H^2 + H^2 \rightarrow H^3 + H^1$	4	0·00003 ,,
$H^3 + H^2 \rightarrow H_e^4 + n$	17	0·000001 ,,

ଏଠାରେ H^1 = ସାଧାରଣ ଉଦ୍‌ଜାନ,
H^2 = ଡ଼ୟୁଟେରିୟମ୍,
H^3 = ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍,
H_e^3 = ହିଲିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ,
H_e^4 = ,, ,,
$h\gamma$ = ଫୋଟନ୍ ଶକ୍ତି,
e = ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍,
n = ନିଉଟ୍ରନ୍,

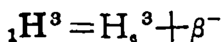
ଏହି ସାରଣୀରୁ ଏହା ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ଭାରି ଉଦ୍‌ଜାନ ଅଭିକ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ହୋଇଥାନ୍ତି । ଟ୍ରାଇଟିୟମ-ଡ଼ୟୁଟେରିୟମ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା କେବଳ ଯେ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇଥାଏ ତାହା ନୁହେଁ ଏହା ମଧ୍ୟ ଖୁବ୍ କମ୍ ସମୟ ନେଇଥାଏ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ବସ୍ତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯେତେ ଅଧିକ ହୁଏ, ଅଭିକ୍ରିୟା ସେତିକି କମ୍ ସମୟ

ନେଇଥାଏ । ତେଣୁ ସଂଯୋଜନ ବିସ୍ଫୋରଣ ନିମିତ୍ତ ବସ୍ତୁକୁ ଯେତେଦୂର ସମ୍ଭବ ଚାପ ଦେଇ ସଂକୁଚିତ କରାଯାଏ ଏବଂ ତାପରେ ଯେତେ ଅଧିକ ସମ୍ଭବ ତାପ ଯୋଗାଇ ଉତ୍ତପ୍ତ କରାଯାଏ ।

ପ୍ରକୃତିରେ ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ ମିଳେ; 500 ସାଧାରଣ ଉଦଜାନ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ । ଜଳର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ଦ୍ୱାରା ଏହା ମଧ୍ୟ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ଉଦଜାନର ଏକ କୃତ୍ରିମ ଆଇସୋଟୋପ୍ । ହାଲୁକା ମୌଳିକ ବସ୍ତୁ ଲିଥିୟମ୍, ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି ଟ୍ରାଇଟିୟମରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।



ଏହା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଟେ ଏବଂ ଖୁବ ଧୀରେ ଧୀରେ ହିଲିୟମ-3ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ହିଲିୟମ-3ର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 12 ବର୍ଷ ଅଟେ ।



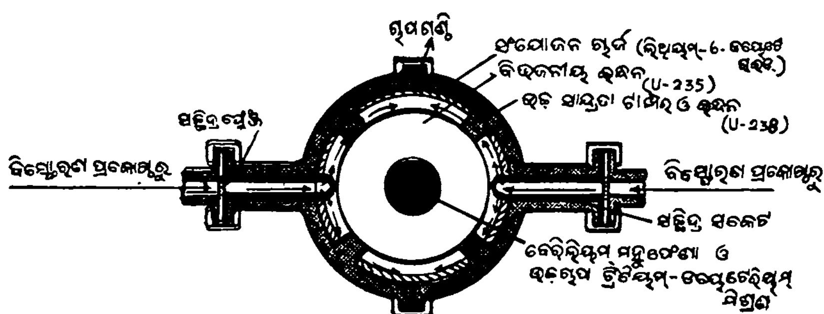
ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟରରେ ଯେଉଁ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରି ନ ଥାନ୍ତି ସେମାନେ ସାଧାରଣତଃ u—238ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସେମାନେ ମଧ୍ୟ ଟ୍ରାଇଟିୟମର ପ୍ରସ୍ତୁତିରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିପାରନ୍ତି । ତେଣୁ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟରରୁ ପରମାଣୁ ବୋମା ଓ ଉଦଜାନ ନିମିତ୍ତ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରାପ୍ତି ହୋଇପାରେ ।

ଉଦଜାନ ବୋମାରେ ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍, ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍, ଲିଥିୟମ୍ କୌଣସି କୌଣସି ପ୍ରକାରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ପ୍ରାକୃତିକ ଲିଥିୟମ୍‌ରେ L_i^6 ଓ L_i^7 ନାମକ ଦୁଇଟି ଆଇସୋଟୋପ ଅଛନ୍ତି ଏବଂ ସେମାନେ ସଂଯୋଜନ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ରୂପେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରିଥାନ୍ତି । ଲିଥିୟମ-6 ଓ ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍‌ରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ ଯୌଗିକ ପଦାର୍ଥ "ଲିଥିୟମ-6-ଡ୍ୟୁଟେରାଇଡ୍" ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମା ଇନ୍ଧନ ନିମିତ୍ତ ସର୍ବୋତ୍କୃଷ୍ଟ, ଯଦିଓ ଲିଥିୟମ ଟ୍ରାଇଡ଼ାଇଡ୍ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଲିଥିୟମ-6 ଓ ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍ ମିଶି ହିଲିୟମ୍‌ର ଦୁଇ ପରମାଣୁରେ ପରିଣତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବହୁ ପରମାଣର ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ କରିଥାନ୍ତି ।

କିନ୍ତୁ ସଂଯୋଜନ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ କରିବା ବଡ଼ କଠିନ ବ୍ୟାପାର । କାରଣ ଏହା 10-20 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରି ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ଉତ୍ତାପ ଆବଶ୍ୟକ କରେ । ପରମାଣୁ ବୋମା

ବିସ୍ଫୋରଣ ପୂର୍ବରୁ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ଆଉ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଉପାୟରେ ଏତେ ଉତ୍ତାପ ଯେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇପାରେ ତାହା ଜାଣି ନ ଥିଲେ । ପରମାଣୁ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା ଏତେ ଉତ୍ତାପ ମିଳିଲା, ଯାହାକି ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ଆଗରୁ କେବେ ଦେଖା ନଥିଲା । ତେଣୁ ସଂଯୋଜନ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ନିମିତ୍ତ ସମ୍ଭବପର ଉପାୟ ହେଲା ପରମାଣୁ ବୋମା ଫୁଟାଇ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉତ୍ତାପ ପାଇବା ।

ଉଦଜାନ ବୋମା ଡ଼ିଜାଇନ୍ :—



(ଚିତ୍ର ନଂ-42)

ବିଭଜନୀୟ ଇନ୍ଧନ u — 235କୁ ଫମ୍ପା ଗୋଲକ ଭଳି ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ବସ୍ତୁର ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ କମ୍ କରାଯାଇ ଏହାର ଆକୃତିକୁ ନିମ୍ନ-କ୍ରାନ୍ତିକ ଅବସ୍ଥାରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ବିଭଜନ ବସ୍ତୁର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଆଉ ଏକ ଗୋଲକାର ଆକୃତିରେ ବେରିଲିୟମ୍ ଓ ଏହାର ଯୌଗିକ ପଦାର୍ଥ ମିଶି ଥାଏ ଏବଂ ଏହା ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସ ଭଳି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ବେରିଲିୟମ୍ କୋଡ଼ ଏକ ମହୁ ଫେଣା ସଦୃଶ ଏବଂ ଏହାର ଛିଦ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଉଚ୍ଚ ଚାପରେ ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍ ଓ ଟ୍ରାଇଟିୟମ ଗ୍ୟାସ ଦ୍ୱାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ଏବଂ ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଏହାର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଏହି ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ମଧ୍ୟ ଲିଥିୟମ-6-ଡ୍ୟୁଟେରାଇଡ୍‌ର ଗୋଲକାର କବଚ (Shell) ଘେରି ରହିଥାଏ । ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଓ ଏହି କବଚ ମଧ୍ୟରେ ବଳୟାକାର ସ୍ଥାନ ରହିଥାଏ । ଲିଥିୟମ ଯୌଗିକର ଏହି କବଚ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ u—238ର ଆଉ ଏକ ଗୋଲକାର କବଚ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଏହି ଦୁଇ କବଚ ଯେଉଁ ବସ୍ତୁରୁ ନିର୍ମିତ, ତାହାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯେତେ ଦୂର ସମ୍ଭବ ଅଧିକ କରାଯାଇଥାଏ ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା ଏମାନେ ଟାମ୍ପର (ପ୍ରତିଫଳକ) ଭଳି କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରିବେ ।

ପରମାଣୁ ବୋମା ସଦୃଶ ଏଠାରେ ରାସାୟନିକ ବିସ୍ଫୋରକ ମଧ୍ୟ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଏଠାରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ ହେଲା ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁକୁ ସଂକୁଚିତ କରିବା । ବଳୟାକାର ସ୍ଥାନର ସଂକୋଚନ ଦ୍ୱାରା ବିଭଜନ ବସ୍ତୁ ପ୍ରାୟ ଦୁଇ ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଅର୍ଦ୍ଧଚନ୍ଦ୍ରାକାର ଆକାର ଧାରଣ କରିଥାଏ । ବିଭଜନ ବସ୍ତୁକୁ ସର୍ବଦା ଠିକ୍ କେନ୍ଦ୍ରରେ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ଦୁଇଟି ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଆବଶ୍ୟକ ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ରାସାୟନିକ ବିସ୍ଫୋରକ ରଖାଯାଇ ଏକ ସମୟରେ ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ କରାଯାଏ । ସଚ୍ଛିଦ୍ର ଚଂଚୁ (Porous Nozzle) ପ୍ରଘାତ ତରଙ୍ଗକୁ ସମାନ ଭାବେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗକୁ ପଠାଯାଇଥାଏ ।

ସଂକୁଚିତ ଅର୍ଦ୍ଧଚନ୍ଦ୍ରାକାର ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ଏହା ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଥିବା ବେରିଲିୟମ୍‌କୁ ମଧ୍ୟ ସଂକୁଚିତ କରାଇଥାଏ । 10 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରି ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍‌କୁ ଉତ୍ତାପ ଯେପରି ବଢ଼ିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ, ମଧୁଫେଣା ସଦୃଶ ଆକୃତି ମଧ୍ୟରେ ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍ ଓ ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୋଜନ ଅଭିକ୍ରିୟା ମଧ୍ୟ ସେହି ଅନୁପାତରେ ବଢ଼ିଚାଲେ ଏବଂ ବହୁ ପରିମାଣରେ ଶକ୍ତି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଉତ୍ତାପର ବୃଦ୍ଧି ଫଳରେ ଲିଥିୟମ୍-6-ଡ୍ୟୁଟେରାଇଡ୍‌ରେ ମଧ୍ୟ ସଂଯୋଜନ ଚେନ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ହୁଏ । ଏଥିରୁ ନିର୍ଗତ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ 1·1 Mev ଶକ୍ତି ସହ u–238ର ବାହ୍ୟ ଗୋଲକରେ ବିଭଜନ ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି । ଯଦି ଗୋଲକ ପ୍ରାୟ 2·5 ସେ.ମି ମୋଟା ହୋଇଥାଏ ତେବେ ପ୍ରାୟ ଶତକଡ଼ା 10 ନିଉଟ୍ରନ୍ ଏହା ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ବିଭଜନ ଘଟାଇଥାନ୍ତି । ବିଭଜନ ଆବରଣ ଅତି ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ, କାରଣ ପ୍ରତି ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାୟ 200 Mev ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସଂଯୋଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଶକ୍ତି ଏହାର 20-50 ଭାଗରୁ ଏକ ଭାଗ । ଉଦଜାନ ବୋମାରେ ସଂଯୋଜନ ଅପେକ୍ଷା ବିଭଜନ ଅଧିକ ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

ଲେଜର ଟ୍ରିଗର ଉଦଜାନ ବୋମା (L T H—Bomb)

ଉଦଜାନ ବୋମା ତିଆରି ନିମିତ୍ତ ବିଭଜନ ବୋମାର ଆବଶ୍ୟକତା ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ଉପଲବ୍ଧି କରାଯାଇଥିଲା । କାରଣ ଉଦଜାନ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ ନିମିତ୍ତ, ବିଭଜନ ବୋମାର (Fission Bomb) ବିସ୍ଫୋରଣ ପ୍ରଥମେ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହା ଅତି ବ୍ୟୟ ସାପେକ୍ଷ । ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ବିଭଜନ ବୋମା ବ୍ୟତୀତ କିପରି ଉଦଜାନ ବୋମା ତିଆରି କରିପାରିବେ, ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଅଭିନବ ଉପାୟ ଉଦ୍ଭାବନ କରିଛନ୍ତି । ବର୍ତ୍ତମାନ ଲେଜର (Laser) ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୋଇଛି ।

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ଇଂରାଜୀ ଶବ୍ଦ ଗୁଡ଼ିକର ମୂଳ ଅକ୍ଷର ନେଇ Laser ଶବ୍ଦଟି ଗଠିତ ।

ସାଧାରଣ ଆଲୋକ ରଶ୍ମି ବିଭିନ୍ନ ଦିଗରେ ଗତି କରିଥାଏ । ଉତ୍ତଳ ଯବକାଚ (Convex Lens) ବ୍ୟବହାର କଲେ ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ଫୋକସ୍‌ରେ ମିଳିତ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ରଶ୍ମିର ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ତଥାପି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ବିଭିନ୍ନ କୋଣରେ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଆନତ । ଯଦି କୌଣସି ପ୍ରକାର ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ କରି ହୁଅନ୍ତା ତେବେ ଏକ ସରୁ ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ମଧ୍ୟରେ ସେମାନଙ୍କ ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି କରି ହୁଅନ୍ତା । ଏହି ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି ସହିତ ଶକ୍ତି ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଏବଂ ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ଯାହା ଉପରେ ପଡ଼େ ତାହାର ଉତ୍ତାପରେ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ । ଯଦି ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଚ୍ଛ ସଂଯୋଜନ ପଦାର୍ଥ (Fusion Charge) ଉପରେ ପଡ଼େ ତେବେ ଏହାର ଉତ୍ତାପରେ 700 ନିୟୁତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଭୋଲ୍ଟ ସହିତ ସମାନ ହୋଇପାରେ । ଏହି ଉତ୍ତାପ ସଂଯୋଜନ ଅଭିକ୍ରିୟାର ଟ୍ରିଗର ଭଳି କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ । ଏହି ଲେଜର ଟ୍ରିଗର ବ୍ୟବହାର କରି ଯେଉଁ ଉଦଜାନ ବୋମା ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୁଏ ତାହାକୁ Laser Triggered Hydrogen Bomb (LTH-Bomb) କହନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଲେଜର ରଶ୍ମି ନିମିତ୍ତ ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ଉପକରଣ ଆବଶ୍ୟକ । ରାସାୟନିକ ଲେଜର ବ୍ୟବହାର ଯଦି ସମ୍ଭବ ହୁଏ ତେବେ ଯେ କୌଣସି ଦେଶରେ ଉଦଜାନ ବୋମା ତିଆରି ହୋଇପାରିବ, କାରଣ ଏଥି ନିମିତ୍ତ କେବଳ ଉଦଜାନ ଓ ଲିଥିୟମ୍‌ର ଆଇ-ସୋଟୋପ ଓ ଅଳ୍ପ କିଛି ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ ଆବଶ୍ୟକ ଯାହାକି ଶସ୍ତାରେ ମିଳି ପାରିବ ।

ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ସଂଯୋଜନ ପଦ୍ଧତି

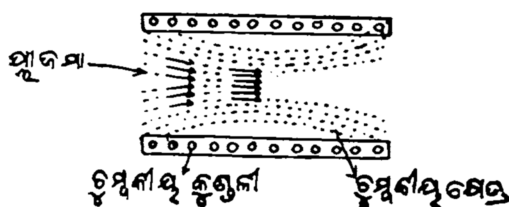
(The Controlled Fusion Process)

ତାପ ନଉକ୍ଲ୍ୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ଯଦି ଅନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୁଏ, ତେବେ ତାହା ବୋମାଭଳି ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇଥାଏ । ତେଣୁ ଏହି ତାପ ନଉକ୍ଲ୍ୟାର ଅଭିକ୍ରିୟାକୁ କିପରି ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରି ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ ପାରିବ ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ ।

ପିଞ୍ଚ୍ ପ୍ରଭାବ (The Pinch Effect) :—

ଏକ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଡ୍ୟୁଟେରିୟମକୁ ପ୍ଲାଜମା ଭଳି ରଖି ଏହା ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବ ପକାଯାଏ । ଏହି ନଳୀ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଭାବରେ ପ୍ଲାଜମା ସଂକୁଚିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ସଂକୋଚନ ଦ୍ୱାରା ପ୍ଲାଜମା, ନଳୀର ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବେ ଗୋଟିଏ ସରୁ କେଶ ରୂପରେ ରହିଥାଏ । ଫଳରେ ନଳୀର ଠିକ ମଧ୍ୟ ଭାଗରେ ଉତ୍ତାପର ମାତ୍ରା ପ୍ରାୟ କେତେ ଲକ୍ଷ ଡିଗ୍ରି ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ଼କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ, ଏହି

ଉତ୍ତାପକୁ ଉପଯୋଗ କରି ଡୟୁଟେରିୟମରେ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା କରାଯାଇ ପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-43)

ଲେଜର ଦ୍ୱାରା ନିଉକ୍ଲିୟସର ସଂଯୋଜନ
(Nuclear Fusion With Laser)

ଡୟୁଟେରିୟମ ଓ ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍‌ରେ ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ନିମିତ୍ତ ଦୁଇ ଗୋଟି ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବିଷୟ ହେଲା ।

(1) ପ୍ଲାଜମା 50ରୁ 500 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରି ଉତ୍ତାପରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇ ଯେପରି ବହୁ ସମୟ ରହିପାରିବ ।

(2) ଲସନ (Lawson) ନିୟମ ଅନୁସାରେ ଏହା ଦୀର୍ଘ ସମୟ ଧରି ରହି ପାରିବ ।

ଲସନ ନିୟମ ହେଲା—ଯଦି କଣିକା ସାନ୍ଦ୍ରତା n ଓ ପ୍ଲାଜମା ଆୟୁ (t) ହୁଏ ତେବେ ସେମାନଙ୍କର ଗୁଣଫଳ $n \times t$, 10^{14} ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । କାରଣ ଉତ୍ପାଦିତ ତାପ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତି, ପ୍ଲାଜମାରେ ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ଓ ଚାଲୁ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଶକ୍ତିଠାରୁ ଅଧିକ ହେବା ଉଚିତ । ପ୍ଲାଜମାରେ କଣିକାଗୁଡ଼ିକର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଯେତେ ବେଶୀ, ଆୟନଗୁଡିକ ପରସ୍ପର ସହ କ୍ରିୟା କରି ସଂଯୋଜିତ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ସେତେ ଅଧିକ । ପ୍ଲାଜମା ଯେତେ ଅଧିକ ସମୟ ଧରି ରହେ ସେହି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ କଣିକା ଆୟନ ସହ ମିଶି କ୍ରିୟା କରିପାରେ ।

ଲେଜରର ତାପ ପ୍ରଭାବ (Heating Effect of Laser) :—

ଲେଜର କିରଣଗୁଚ୍ଛ ପ୍ଲାଜମାକୁ ଆଘାତ କଲେ, ପ୍ଲାଜମାରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକର ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଶୀଘ୍ର ଦୋଳନ (Oscillation) ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଆୟନମାନଙ୍କ ଘର୍ଷଣରୁ ତାପ ଶକ୍ତି ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ଉତ୍ତମ ତାପପ୍ରଭାବ ନିମିତ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଓ ଆୟନ-ମାନଙ୍କ ଉପସ୍ଥିତି ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ଲାଜମାରେ ଥିବା ଆୟନ ଓ ଇଲେ-କ୍ଟ୍ରନ୍‌ମାନଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ ଏଥିରେ ଅବଶୋଷିତ ଶକ୍ତି N^2ର ସମାନୁପାତୀ । ଏଠାରେ N, ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବା ଆୟନ ସଂଖ୍ୟାକୁ ବୁଝାଏ । ହିସାବରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ପ୍ରଭାବୀ ଲେଜର ଶକ୍ତି ନିମିତ୍ତ $N = 10^{21}$ କଣିକା / (ସେ.ମି)^3 ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି କଣିକା ସଂଖ୍ୟା, କଠିନ ବସ୍ତୁର କଣିକା ସଂଖ୍ୟା ବା ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହ ସମାନ ।

କଠିନ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ (Solid Targets)

ଲେଜର ଦ୍ୱାରା ତାପ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ହେଲେ ପ୍ରଥମ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପଦାର୍ଥ ହେଲା କଠିନ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ । ଜମାଟ ବାନ୍ଧିଥିବା ଡ଼ୟୁଟେରିୟମ୍ ବା ଡ଼ୟୁଟେରିୟମ୍ ଓ ଟ୍ରାଇଟିୟମର ମିଶ୍ରଣ ବା ସେମାନଙ୍କର ସ୍ଥାୟୀ ରାସାୟନିକ ଯୌଗିକ ଆଦର୍ଶ ଉତ୍ସ ହୋଇପାରନ୍ତି । ଖୁବ ଶକ୍ତିଶାଳୀ କ୍ଷୁଦ୍ର ଲେଜର ପଲ୍‌ସ (Pulse) ଏହି କଠିନ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ପତଳା ସ୍ତରରେ ଉତ୍ତାପର ବୃଦ୍ଧି କରି ଏହାକୁ ପ୍ଲାଜମାରେ ପରିଣତ କରିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହା ଦ୍ୱାରା ଆଉ ଏକ ସମସ୍ୟାର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପ ଓ ପ୍ଲାଜମା ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅଧିକ ହେତୁ $n \times t = 10^{14}$ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ପ୍ଲାଜମାରେ ଉଚ୍ଚଚାପ ହେତୁ ବିଘଟନ ଘଟିଥାଏ । ସୁତରାଂ ଲେଜର ଦ୍ୱାରା ପ୍ଲାଜମାକୁ ଉତ୍ତପ୍ତ କଲେ ଏହା ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ବିସ୍ଫୋରଣରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଖାଯାଇଛି ଯଦି ପ୍ରାଥମିକ ଆୟତନ ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ ପ୍ଲାଜମାର ଆୟୁକାଳ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇପାରେ । ଲେଜର କିରଣଗୁଚ୍ଛ ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପରେ ପ୍ଲାଜମାର ଖୁବ୍ ଗଭୀରତାକୁ ପ୍ରବେଶ କରିପାରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟର ପୃଷ୍ଠରେ ଯେଉଁ ତାପଶକ୍ତି ଜାତ ହୁଏ ତାହା ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଅଭ୍ୟନ୍ତରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଉତ୍ତପ୍ତ ପ୍ଲାଜମାର ଆୟତନ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନର ପ୍ରବେଶ କରିବା କ୍ଷମତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ହିସାବରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଉତ୍ତପ୍ତ ପ୍ଲାଜମାର ସୃଷ୍ଟି ନିମିତ୍ତ 5×10^{22} କଣିକା/(ସେ·ମି)^3 ଥାଇ ଜମାଟ ବାନ୍ଧିଥିବା ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍ ବା ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍‌ର ମିଶ୍ରଣ, କଠିନ ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟ ଭାବେ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ପ୍ରକ୍ଷେପ୍ୟକୁ ଶୂନ୍ୟ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ (Vacuum Chamber) ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ । ଲେଜର ଶକ୍ତି ଏକ ଘନ ମିଲିମିଟର ଆୟତନକୁ 100 ନିୟୁତ ଡିଗ୍ରି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତାପ ଦେଇଥାଏ ଏବଂ ଲେଜର ପଲ୍‌ସ ଶକ୍ତି 160 ଜୁଲ୍ ଅଟେ ।

ଲେଜର ପରିଚାଳିତ ସଂଯୋଜନ ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ୍

(Laser Initiated Fusion Power Plants)

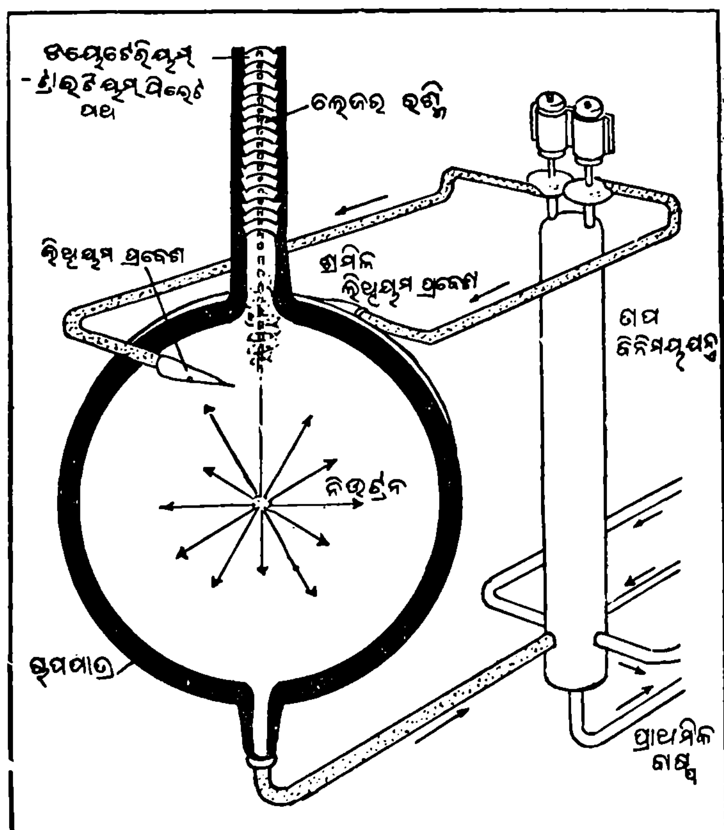
ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର, ଆମେରିକାର ଓକରିଜ ଜାତୀୟ ପରୀକ୍ଷାଗାରର ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ପ୍ଲାଜମାକୁ ଲେଜର ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ତପ୍ତ କରିବା ପଦ୍ଧତିରେ କେତେକ ଉନ୍ନତି କରିଛନ୍ତି ।

ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍ ଓ ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ଗୁଳା (Pellet)ରୁ ଲେଜର ଜ୍ୱଳନ ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ସଂଯୋଜନ ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ତାହାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ କରାଯାଇପାରେ । ପ୍ରଥମେ ସଂଯୋଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଶକ୍ତି ଲିଥିୟମ୍ କୁଣ୍ଡ (Pool)ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୁଏ । ତାହା ପରେ ଏହି କୁଣ୍ଡରୁ ତାପ ଶକ୍ତି ତାପ ଗତିକ ଚକ୍ରକୁ (Thermodynamic Cycle) କୁ ଦିଆଯାଇଥାଏ ।

ଲିଥିୟମ୍ କୁଣ୍ଡ 10-15 ଫୁଟ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗୋଲାକାର ଚାପ ପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଲିଥିୟମକୁ ଅତି ପରିବେଗ ସହ ଘୂରାଇବାରୁ ଉଦଗ୍ର ଅକ୍ଷ (Verticalaxis) ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ମୁକ୍ତ ଭ୍ରମିଳ (Free Vortex) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଘୂରାଇବାର ପରିବେଗକୁ ଏପରି ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରାଯାଏ, ଯଦ୍ଦ୍ୱାରା କେନ୍ଦ୍ରରେ ଏକ ଗୁହ୍ୟ (Cavity) ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଗୁହ୍ୟର ବ୍ୟାସ 5 ସେ·ମି । ଏହି ଗୁହ୍ୟ ପାତ୍ରର ଉପରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ମଧ୍ୟ ସମତଳ (Midplane) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିସ୍ତୃତ ।

ଜମାଟ ବାନ୍ଧିଥିବା ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ-ଟ୍ରାଇଟିୟମର ଗୁଳା ଭ୍ରମିଳ ଗୁହ୍ୟ (Vortex Cavity) ମଧ୍ୟକୁ ଛଡାଯାଏ ଏବଂ ମଧ୍ୟ ସମତଳରେ ପହଞ୍ଚିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଲେଜର ପଲ୍‌ସ ଦ୍ୱାରା ଏଥିରେ ଅଗ୍ନି ସଂଯୋଗ କରାଯାଏ । ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ତାପ ରୂପରେ ଲିଥିୟମରେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଏ, ତାହାର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଚାପପାତ୍ର ନିମ୍ନରୁ ଲିଥିୟମ୍‌କୁ ବାହାର କରିବା ଦ୍ୱାରା

ହୋଇଥାଏ । ବହିର୍ଗତ ଲିଥିୟମ ତାପ ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଗତି କରି ପୁନର୍ବାର ଅପକେନ୍ଦ୍ରୀ ପମ୍ପ ମଧ୍ୟଦେଇ ସ୍ପର୍ଶ ରେଖୀୟ ଚଂଚୁ (Tangential Nozzle)କୁ ଫେରିଆସେ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଭ୍ରମିଳ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ-44)

ପ୍ରତି 10 ସେକେଣ୍ଡ ଅନ୍ତରରେ ଲେଜର ଦ୍ୱାରା ଗୁଳାଗୁଡ଼ିକରେ କ୍ଷୁଦ୍ର ବିସ୍ଫୋରଣ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା 200 Mw ତାପୀୟ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ କରାଯାଇପାରେ । ଏପରି ବିସ୍ଫୋରଣ ଜନିତ ତରଙ୍ଗ ଯଦି ଗଳିତ (Molten) ଲିଥିୟମ ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷିତ ନ ହୁଏ, ତେବେ ରିଆକ୍‌ଟର ସଂରଚନା (Structure) ଉପରେ ଆଘାତ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇପାରେ । ସେଥିନିମିତ୍ତ ସୂକ୍ଷ୍ମ ବାୟୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍ (Air Bubbles)ଗୁଡ଼ିକ ଏହି

ଟେଲଡ ଲିଥିୟମ ମଧ୍ୟକୁ ଛାଡ଼ି ଦିଆଯାଏ । କମ୍ପନ ତରଙ୍ଗଗୁଡ଼ିକ ଏହା ଦ୍ୱାରା ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଏଥିରେ ବିକିରଣ କ୍ଷମତା ଖୁବ୍ କମ୍ ।

ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମାଠାରୁ ଆହୁରି ବଳଶାଳୀ ବୋମା

ବୋମାଗୁଡ଼ିକ ସାଧାରଣତଃ ତିନି ପ୍ରକାରର—

(1) ବିଭଜନ,

(2) ବିଭଜନ ସଂଯୋଜନ,

(3) ବିଭଜନ-ସଂଯୋଜନ-ବିଭଜନ ।

ୟୁରାନିୟମ ପ୍ରଥମ ଶ୍ରେଣୀର ଓ ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମା ଦ୍ୱିତୀୟ ଶ୍ରେଣୀର । ତୃତୀୟ ଶ୍ରେଣୀର ବୋମା ବିଷୟରେ ଆଲୋଚନା କରିବା ।

ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମା ଯଦିଓ ପରମାଣୁ ବୋମାଠାରୁ ଅଧିକ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ତଥାପି ଏହାର ଶକ୍ତିକୁ ବଢ଼ାଇବା ସହଜସାଧ୍ୟ ନୁହେଁ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଅନ୍ୟ ଉପାୟ ଅବଲମ୍ବନ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ । u—235ର ବିଭଜନରୁ ଯେଉଁ ତାପ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ, ତାହା ଦ୍ୱାରା ହାଲ୍‌କା ମୌଳିକବସ୍ତୁ ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୋଜନ କରିଥାନ୍ତି । ଏହି ସଂଯୋଜନରୁ ଉଚ୍ଚ ତାପ ସହ ବହୁ ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ନିଉଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି ଏତେ ଉଚ୍ଚ ଯେ ସେମାନେ u=238 ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଗୁଡ଼ିକରେ ବିଭଜନ କରିପାରନ୍ତି । u—235 ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ u—238ରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ଏହାକୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌ରେ ପରିଣତ କରିଥାନ୍ତି, କିନ୍ତୁ ସଂଯୋଜନରୁ ଅତି ବେଗଶାଳୀ ନିଉଟ୍ରନ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନେ u—238 ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ବିଭଜନ କରାଇଥାନ୍ତି ।

ବିଭଜନ ବୋମାର ଆକାର ଓ ଶକ୍ତିଶାଳିତାକୁ ବଢ଼ାଇବାକୁ ହେଲେ ଏଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ ବିଭଜନୀୟ ପଦାର୍ଥ u—235କୁ ବଢ଼ାଇବାକୁ ପଡ଼େ । କିନ୍ତୁ ଏହା ବ୍ୟୟ ସାପେକ୍ଷ । ସେହିପରି ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମାର ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟୟ ସାପେକ୍ଷ । ଡ୍ୟୁଟେରିୟମ୍ ଓ ଲିଥିୟମ୍-6 ଯଦିଓ ଶସ୍ତା ତଥାପି ଏମାନଙ୍କର ପୃଥକ୍‌କରଣ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ u—238, ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍‌ର ଶତକଡ଼ା 99 ଭାଗ ଓ ସହଜରେ ମିଳିଥାଏ । ଏହି u—238କୁ ବ୍ୟବହାର କରି ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ରର ଆକାର ଇଚ୍ଛାନୁଯାୟୀ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରେ ।

ଏହି ତ୍ରି-ପ୍ରକ୍ରିୟା ବୋମା ଯେ କେତେ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ତାହା ଏକ ତୁଳନାରୁ ଜଣା ପଡ଼ିବ । 1945 ମସିହାରେ ଯେଉଁ ପରମାଣୁ ବୋମାବିସ୍ଫୋରଣ ହୋଇଥିଲା, ତାହାର ଶକ୍ତି 20 ହଜାର ଟନ୍ TNT ସହିତ ସମାନ ଥିଲା । 1954 ମାର୍ଚ୍ଚରେ ଆମେରିକା ଦ୍ୱାରା ଫୁଟା ଯାଇଥିବା ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମାର ଶକ୍ତି 15 ଲକ୍ଷ ଟନ୍ TNT । ଦ୍ୱିତୀୟର ବିସ୍ଫୋରକ କ୍ଷମତା ପ୍ରଥମ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରାୟ 750 ଗୁଣ । ତେଣୁ ଏହି ତ୍ରି-ପ୍ରକ୍ରିୟା ବୋମାର ବ୍ୟବହାର ଫଳରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ରର କ୍ଷମତା କିଲୋଟନରୁ ମେଗାଟନ୍‌କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇପାରିଛି ।

1952 ନଭେମ୍ବର 1ରେ ଆମେରିକା ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ପ୍ରଥମ ଉଦଜାନ ବୋମା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇଥିଲା, ତାହାର ବିସ୍ଫୋରକ କ୍ଷମତା 5 ମେଗାଟନ ବା 50 ଲକ୍ଷ ଟନ୍ TNT ସହିତ ସମାନ ଥିଲା-ଏହା ଏକ ତ୍ରି-ପ୍ରକ୍ରିୟା ବୋମା । ଏହି ତ୍ରିପ୍ରକ୍ରିୟା ବୋମା ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମାଠାରୁ ଅଧିକ ମାରାତ୍ମକ । କାରଣ ଏହାର ବିକିରଣ ଜନିତ କ୍ଷତି ଅତି ଅଧିକ । ବିଭଜନ ବିସ୍ଫୋରଣରେ ବିକିରଣ କ୍ଷତି ସଂଯୋଜନ ବିସ୍ଫୋରଣ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ସଂଯୋଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ବସ୍ତୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନୁହେଁ । କିନ୍ତୁ ବିଭଜନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଅଟନ୍ତି । ବିଭଜନ ବିସ୍ଫୋରଣରୁ ବହୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବସ୍ତୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ମିଶିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ବିଭଜନ-ସଂଯୋଜନ ବୋମା ସେହି ଅନୁପାତରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଛାଡ଼ି ନଥାଏ । 20 କିଲୋଟନ୍ ବିଭଜନ ବିସ୍ଫୋରଣରୁ ଯେତିକି ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ମିଳିଥାଏ 5 ମେଗାଟନ୍ ବିଭଜନ-ସଂଯୋଜନ ବୋମାରୁ ସେତିକି ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ମିଳିଥାଏ । କାରଣ 5 ମେଗାଟନ୍ ବୋମାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା କେବଳ ବିଭଜନରୁ ଆସିଥାଏ ।

ସଂଯୋଜନ ବିସ୍ଫୋରଣ, ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ, କିନ୍ତୁ ସିଧା ସଳଖ ଭାବେ ନୁହେଁ । ଏଥିରୁ ମୁକ୍ତ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାୟୀ ମୌଳିକ ବସ୍ତୁକୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କରିଥାନ୍ତି । ସେଥିନିମନ୍ତେ ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ମାରାତ୍ମକ ନୁହେଁ ।

ତ୍ରି-ପ୍ରକ୍ରିୟା ବୋମା (୨୦୦ ଲକ୍ଷ ଟନ ଶକ୍ତିର)

ଏଥିରେ u—238 ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ବହୁଶକ୍ତି u—238ରୁ ମିଳିଥାଏ । ତିନୋଟି ସ୍ତରରୁ ଶକ୍ତି ମିଳିଥାଏ ।

ପ୍ରଥମ ସ୍ତର :—u—235ର ବିଭଜନ-ପ୍ରାପ୍ତ 5 ଲକ୍ଷଟନ୍ ଶକ୍ତି ମିଳେ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ତର :— ଲିଥିୟମ୍ ଓ ଭାରୀ ଉଦ୍‌ଜାନର ସଂଯୋଜନ ପ୍ରକ୍ରିୟାରୁ 20 ଲକ୍ଷ ଟନ୍ ଶକ୍ତି ମିଳେ ।

ତୃତୀୟ ସ୍ତର :— u—238 ବିଭାଜନ ପ୍ରକ୍ରିୟାରୁ 175 ଲକ୍ଷ ଟନ ଶକ୍ତି ମିଳେ ।

ଏହି ତିନି ସ୍ତରରୁ ସର୍ବମୋଟ 200 ଲକ୍ଷ ଟନ ଶକ୍ତି ମିଳେ । କିନ୍ତୁ ସମସ୍ତ ଲାଗିଥାଏ ମାତ୍ର 2· ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ ।

କୋବାଲଟ୍ ବୋମା (The Cobalt Bomb)

ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ ସମଗ୍ର ମାନବସମାଜକୁ ଲୋପ କରାଯାଇପାରେ । ଏହା କେବଳ ମାରାତ୍ମକ କୋବାଲଟ ବୋମା ଦ୍ୱାରା ସମ୍ଭବ । ଏହି କୋବାଲଟ୍ ବୋମାର ଗଠନ ନିମ୍ନରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ହେଲା ।

(1) ଏହାର କୋଡ଼ରେ ଏକ ବିଭାଜନ ବୋମା ଥାଏ ।

(2) କୋଡ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଡୟୁଟେରିୟମ୍ ଓ ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍‌ର ମିଶ୍ରଣ ଘେରି ରହିଥାଏ ।

(3) ବାହ୍ୟ ସ୍ତରରେ କୋବାଲଟ୍‌ର ଏକ ଖୋଳ ଥାଏ ।

ଉଦ୍‌ଜାନ ବୋମାର ବିସ୍ଫୋରଣରୁ ବହୁ ପରିମାଣର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ କୋବାଲଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇ ଏହାକୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କରିଦିଅନ୍ତି । Co^{59} ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି Co^{60}ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଗାମାରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି Co^{60}ର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 5·3 ବର୍ଷ । ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା କୋବାଲଟ୍ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ ହୋଇ ବାୟୁ ଦ୍ୱାରା ଉଡ଼ି ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ସଂଗୃହୀତ ହୋଇଥାଏ । ଯେ କେହି ଏହି ମାରାତ୍ମକ ବସ୍ତୁର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସେ ତାର ମୃତ୍ୟୁ ସୁନିଶ୍ଚିତ ।

କିନ୍ତୁ ଯୁଦ୍ଧ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏତେ ଦୀର୍ଘ ସ୍ଥାୟୀ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବସ୍ତୁ ବିଶେଷ ଫଳପ୍ରଦ ହୋଇ ନଥାଏ । କାରଣ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବସ୍ତୁ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିବା ନିମିତ୍ତ ବହୁ ସମୟ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ ।

କୋବାଲଟ୍ ବଦଳରେ ଦସ୍ତାଧାତୁ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଏହା ଗାମାରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 250 ଦିନ । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ମାରଣାସ୍ତ୍ର ଦୃଷ୍ଟିରୁ କୋବାଲଟ୍ ବା ଦସ୍ତା ବୋମା ଅନ୍ୟ ବୋମା ତୁଳନାରେ ଅତି ମାରାତ୍ମକ ।

ହିରୋସିମା-ନାଗାସାକି ସହର ଓ ପରମାଣୁ ବୋମା

ଇତିହାସରେ 1945 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ ମାସ 6 ତାରିଖ ଏକ ସ୍ମରଣୀୟ ଦିବସ । ଏହି ଦିନ ସକାଳେ ପୃଥିବୀର ସର୍ବପ୍ରଥମ ପରମାଣୁ ବୋମା ହିରୋସିମା ସହର ଉପରେ ବିସ୍ଫୋରିତ ହୋଇଥିଲା । ଆମେରିକା ଆକ୍ରମଣ ଚଳାଇ ଜାପାନକୁ ହରାଇବା ନିମନ୍ତେ ଏହି ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇଥିଲା । ହିରୋସିମା ଉପରେ ନିକ୍ଷେପିତ ବୋମା u—235 ଶ୍ରେଣୀୟ । ଏହି ଆକ୍ରମଣରେ 78,000 ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ ଓ 37,000 କ୍ଷତ ବିକ୍ଷତ ଓ 14 ହଜାର ନିଖୋଜ ହୋଇଥିଲେ । 75000 ଘର ଭିତରୁ 55,000 ଘର ପୁରାପୁରି ଜଳି ପାଉଁଶ ହୋଇ ଯାଇଥିଲା । 7000 ଘରର ଚିହ୍ନବର୍ତ୍ତି ନ ଥିଲା । ଅବଶିଷ୍ଟ ଘର ଭାଙ୍ଗି ଚୁରମାର ହୋଇ ଯାଇଥିଲା ।

1945 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 9 ତାରିଖରେ ନାଗାସାକି ସହର ଉପରେ ଦ୍ୱିତୀୟ ପରମାଣୁ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରିତ ହୋଇଥିଲା । ଏହି ବୋମା Pu—239 ଶ୍ରେଣୀୟ । ଏହି ବିସ୍ଫୋରଣ ଫଳରେ 24,000 ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ, 23,000 କ୍ଷତ ବିକ୍ଷତ ଏବଂ 2 ହଜାର ନିଖୋଜ ହୋଇ ଥିଲେ ।

ହିରୋସିମାରେ ଶତକଡ଼ା 90 ଭାଗରୁ ଅଧିକ ଘର ପୁରାପୁରି ଭାଙ୍ଗି ଯାଇଥିଲା । ବିସ୍ଫୋରଣ ହେବାର ସ୍ଥାନ (ଗ୍ରାଉଣ୍ଡ ଜିରୋ) ଠାରୁ ½ ମାଇଲ ଭିତରେ ସବୁ କୋଠାବାଡ଼ି ନଷ୍ଟ ହୋଇଥିଲା । ଦୁଇ ମାଇଲ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ମଧ୍ୟରେ କୋଠାବାଡ଼ିର ଭଙ୍ଗାରୁଜା କାମ ବେଶି ହୋଇଥିଲା । 1½ ମାଇଲ ଦୂରତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ମୃତ ବ୍ୟକ୍ତିଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଶତକଡ଼ା 90 ଭାଗ ମୃତ ହୋଇଥିଲେ । ଅଧ ମାଇଲ ମଧ୍ୟରେ ଶତକଡ଼ା 90 ଭାଗରୁ ଅଧିକ ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ୍ୟୁ ମୁଖର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୋଇଥିଲେ । ½ ମାଇଲ ଓ 1½ ମାଇଲ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରାୟ ଶତକଡ଼ା 50 ଭାଗ ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ ହୋଇଥିଲେ ।

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ବିବରଣୀରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ମୃତାହତ ସଂଖ୍ୟା ଓ କ୍ଷତିର ପରିମାଣ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ କାରଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ସାଧାରଣ ରାସାୟନିକ ବିସ୍ଫୋରଣରେ ମଧ୍ୟ ଯାହା କ୍ଷୟ କ୍ଷତି ହୋଇଥାଏ ତାହା ବାତ୍ୟା (Blast) ଓ ତାପ (Heat) ଯୋଗୁଁ ଅଟେ । ପରମାଣୁ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ ଫଳରେ କ୍ଷତିର ପରିମାଣ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ । ଅତି ଉଚ୍ଚ ତାପ ଦ୍ୱାରା ବସ୍ତୁ ଗୁଡ଼ିକରେ ନିଆଁ ଲାଗିଥାଏ ଏବଂ ଜୀବନ୍ତବସ୍ତୁ ଦଗ୍ଧ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଯେତେବେଳେ ବିସ୍ଫୋରଣ ଭୂ ପୃଷ୍ଠରେ ନ ହୋଇ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ହୁଏ, ବାତ୍ୟା ବଡ ଭୟଙ୍କର ଆକାର ଧାରଣ କରେ । ହିରୋସିମାରେ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ 2,000 ଫୁଟ

ଉତ୍ତାପରେ ହୋଇଥିଲା । ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷୟକ୍ଷତି କେବଳ ପ୍ରବଳ ବାତ୍ୟା ଯୋଗୁ ସମ୍ଭବ ହୋଇଥିଲା ।

ପ୍ରବଳ ତାପୀୟ ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଘର ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ଜଳି ଛାରଖାର ହୋଇଯାଆନ୍ତି । ଏହି ତାପ ଦ୍ୱାରା ମନୁଷ୍ୟମାନେ ଜଳି ପୋଡ଼ି ଅଙ୍ଗାର ହୋଇଯାଆନ୍ତି । ହିରୋସିମାରେ ମୃତାହତ ବ୍ୟକ୍ତିମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଶତକଡ଼ା 25 ଭାଗ କେବଳ ତାପରେ ଜଳି ପୋଡ଼ି ମରିଥିଲେ, ଶତକଡା 50 ଭାଗ ବାତ୍ୟାରେ ଓ ପ୍ରାୟ ଶତକଡ଼ା 15 ଭାଗ ଗାମା ବିକିରଣ ଜନିତ କ୍ଷତ ଦ୍ୱାରା ମୃତ୍ୟୁମୁଖର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୋଇଥିଲେ ।

ହିରୋସିମା ସହର ଉପରେ ଯେତେବେଳେ "ଏନୋ ଲଗେ" ଉଡ଼ାଜାହାଜ ପରମାଣୁ ବୋମା ବହନ କରି ଉଡ଼ିବାକୁ ଲାଗିଲା, ସେତେବେଳେ ହିରୋସିମା ଉପରକୁ କୌଣସି ପ୍ରତି ଆକ୍ରମଣ କରାଯାଇ ନଥିଲା । ବୋମାକୁ ପାରାଚ୍ୟୁଟ ସାହାଯ୍ୟରେ ତଳକୁ ଖସାଇ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ବିସ୍ଫୋରଣ କରାଯାଇଥିଲା । ବୋମା ପଡ଼ିବାର ଦୁଇ ମିନିଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପ୍ରକାର ମେଘ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରୁ 40,000 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚକୁ ଉଠିଥିଲା । ବିସ୍ଫୋରଣ ଠାରୁ ଦୁଇଘଣ୍ଟା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ହିରୋସିମାର ଆକାଶ ଧୂଳିପଟଳ ଦ୍ୱାରା ଆଚ୍ଛାଦିତ ହୋଇ ଅନ୍ଧକାର ଦିଶୁଥିଲା । ତେଣୁ ବିସ୍ଫୋରଣ ପରେ ପରେ ହିରୋସିମାର ଚିତ୍ର ନେବାରେ ଏହା ପ୍ରଧାନ ପ୍ରତିବନ୍ଧକ ହୋଇଥିଲା ।

ହିରୋସିମା ସହର ଉପରୁ ଧୂଳି ଚାଲିଯିବା ପରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଫଟୋଚିତ୍ର ନିଆଯାଇ ଥିଲା । ସେଥିରୁ ଜଣାପଡ଼ିଲା ଯେ ସହରର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ କୋଠାବାଡ଼ି ପ୍ରାୟତଃ ଧ୍ୱଂସ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିଲା । କଂକ୍ରିଟ୍ ତିଆରି କୋଠାରେ କେବଳ ଲୁହା ଛଡ଼ ଝୁଲୁଥିଲା । ପୋଲଗୁଡ଼ିକ ଭାଙ୍ଗି ରାସ୍ତା ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହୋଇଥିଲା । ଆହତ ବ୍ୟକ୍ତିମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଅଧିକାଂଶ ସାଂଘାତିକ ଭାବେ ଆହତ ହୋଇଥିବାରୁ ବିସ୍ଫୋରଣର ଅଳ୍ପ କେତେ ଦିନ ମଧ୍ୟରେ ମରିଯାଇ ଥିଲେ । ଅବଶିଷ୍ଟ ଆହତ ବ୍ୟକ୍ତିମାନେ ବୋମାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରଭାବରୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ପ୍ରାଣତ୍ୟାଗ କରିବାକୁ ଲାଗିଲେ ।

ଦୁର୍ଗନ୍ଧ ଯୁକ୍ତ ଧୂଳି ଦ୍ୱାରା ସାରା ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଦୁର୍ଗନ୍ଧମୟ ହୋଇଥିଲା । ଶବଗୁଡ଼ିକୁ ଚିହ୍ନିବା କଷ୍ଟକର ହୋଇଥିଲା । ଦଗ୍ଧ ଶରୀର ଗୁଡ଼ିକୁ ଧରିବା ମାତ୍ରକେ ମାଂସ ଶରୀରରୁ ଖସି ପଡ଼ୁଥିଲା । ସହରର ମେୟର ଓ ମେୟର ପରିଷଦ ସମେତ ସମସ୍ତେ ପ୍ରାଣତ୍ୟାଗ କରି-ଥିଲେ । ଡ଼ାକ୍ତରଖାନା ଧ୍ୱଂସପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥିଲା । ଆହତ ବ୍ୟକ୍ତିଙ୍କର ଚିକିତ୍ସା କରିବାକୁ କେହି ଚିକିତ୍ସକ ବଞ୍ଚି ରହି ନଥିଲେ । ଦମକଳ ବା ଆମ୍ବୁଲାନସ୍ କିଛି ନ ଥିଲା । ସବୁ ପୋଡ଼ି ଧ୍ୱଂସ

ହୋଇଯାଇଥିଲା । ହଜାର ହଜାର ବ୍ୟକ୍ତି ସାହାଯ୍ୟ ବିନା ଓ ଚିକିତ୍ସା ଅଭାବରୁ ରାସ୍ତା କଡ଼ରେ ମୃତ୍ୟୁ ବରଣ କଲେ । ହିରୋସିମା ସହରରେ ଅଗ୍ନିକାଣ୍ଡ ଦ୍ୱାରା ସମସ୍ତ ସହରଟି ଜଳି ପୋଡ଼ି ଛାରଖାର ହୋଇଥିଲା ।

ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ ସମୟରେ ଏକ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ଗୋଲାକାର ପିଣ୍ଡ ଆକାଶକୁ ଉଠିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଗାମା ଓ ରଞ୍ଜନରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ଶରୀର ପ୍ରତି କ୍ଷତିକାରକ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଶରୀରର ଜୀବନ ତନ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ସମୂଳେ ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାନ୍ତି । ବିକିରଣ ପ୍ରଭାବରେ ହାଡ଼ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ନରମ ମଜ୍ଜା ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାଏ । ଅନେକେ ରକ୍ତ ଶୂନ୍ୟତା ରୋଗରେ ପୀଡ଼ିତ ହୁଅନ୍ତି । ଆଉ କେତେକ ବିକିରଣ ପ୍ରଭାବରେ ଧୀରେ ଧୀରେ ମରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରନ୍ତି ।

ନାଗାସାକିରେ କ୍ଷୟ କ୍ଷତି ହିରୋସିମାଠାରୁ ଅଧିକ ଥିଲା । ଏହାର ଲୋମହର୍ଷଣ କାହାଣୀ ଅତି ଅଧିକ ମର୍ମନ୍ତୁଦ ବୋଲି କୁହାଯାଏ ।

ନଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ପ୍ରଭାବ

(Effects of Nuclear Explosions)

ନଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣର ପ୍ରଭାବକୁ ସାଧାରଣତଃ 4ଟି ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଏ ।

(1) ବାତ୍ୟା (Blast) (2) ତାପୀୟ ବିକିରଣ (Heat Radiation) ତାପ ଦୀପ୍ତି (Heat flash) (3) ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ନଉକ୍ଲିୟାର ବିକିରଣ (ନିଉଟ୍ରନ ଓ ଗାମାରଶ୍ମି) (Initial Nuclear Radation. Neutron & Gammarays)	ଏକ ମିନିଟରୁ କମ୍ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ପ୍ରଭାବଗୁଡ଼ିକ ଦେଖା ଦେଇଥାଏ ।
(4) ଅବଶିଷ୍ଟ ନଉକ୍ଲିୟାର ବିକିରଣ ଗାମା ଓ ବିଟା ରଶ୍ମି । (Residual nuclear radiation -γ&β rays)	ଏହି ପ୍ରଭାବ ଦିନ-ମାସ, ବର୍ଷ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବ୍ୟାପୃତ ଥାଏ ।

ବିସ୍ଫୋରଣ ଯଦି ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଭୂମିଠାରୁ 2,000 ଫୁଟ ଉଚ୍ଚତାରେ କରାଯାଏ, ତେବେ ଏହାକୁ ବାୟୁ ପ୍ରସ୍ଫୋଟ (Air-burst) କହନ୍ତି । ବିସ୍ଫୋରଣ ହେବା ନିମିତ୍ତ 1/10 ମାଇକ୍ରୋ ସେକେଣ୍ଡ ଲାଗିଥାଏ ଏବଂ ଏହି ବିସ୍ଫୋରଣ ପରେ ବିଭାଜନୀୟ ପଦାର୍ଥର ଉତ୍ତାପ ଶହେ ନିୟୁତ ଡ଼ିଗ୍ରିକୁ ଏବଂ ଚାପ କେତେ ନିୟୁତ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଚାପକୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ବିସ୍ଫୋରଣର $\frac{1}{10}$ ମିଲିସେକେଣ୍ଡରେ ଉତ୍ତାପ 300,000°C କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ତାପ ସୂର୍ଯ୍ୟ ପୃଷ୍ଠଉତ୍ତାପର ପ୍ରାୟ 50 ଗୁଣ । ଅଗ୍ନିଗୋଲକର ମଧ୍ୟଭାଗ ଖୁବ ଉତ୍ତପ୍ତ ଥାଏ । କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଉତ୍ତାପ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱକୁ ବିକୀରିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଅଗ୍ନିଗୋଲକର ବ୍ୟାସ କ୍ରମେ ବଢ଼ିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ଏବଂ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ 300 ଗଜ ହୋଇଥାଏ । 10 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଏହି ଜାଜ୍ୱଲ୍ୟମାନ ଶିଖା ମ୍ଳାନ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଅଗ୍ନି ପିଣ୍ଡୁଳା ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 100 ଗଜ ଗତିରେ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ଉଠିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ।

ଏହାପରେ ନିମ୍ନ ଚାପ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇ ବାୟୁ ସଂପ୍ରସାରଣ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଜଳୀୟବାଷ୍ପ ଘନୀଭୂତ ହୋଇଥାଏ । କିଛି ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଚାପ ସାଧାରଣ ଚାପକୁ ଫେରିଆସେ ଏବଂ ଘନୀଭୂତ ବାଦଲ ହଠାତ୍ ଅନ୍ତର୍ଦ୍ଧାନ ହୁଏ । ଏହାପରେ ଅଗ୍ନିଗୋଲକ ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 100 ମାଇଲ ବେଗରେ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ଉଠିବାର ଦେଖାଯାଏ । ଏହାପରେ ଘରେ ତପ୍ତ ଧୂଳିପଟଳ ମଧ୍ୟ ଉପରକୁ ଉଠିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ଉଠୁଥିବା ବାଦଲ ଷ୍ଟ୍ରାଟୋଷ୍ଫିୟରରେ 4 ମିନିଟରେ ପହଞ୍ଚେ ଏବଂ 7 ମିନିଟ ମଧ୍ୟରେ 30-60 ହଜାର ଫୁଟକୁ ଉଠିଥାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଅଗ୍ନିଗୋଲକ ନିଶ୍ଚିହ୍ନ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହା ଦୁଇମାଇଲ ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ମସରୁମ୍ ବାଦଲ (Mushroom cloud)ରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଥାଏ ।

ତାପ ଦୀପ୍ତି (Heat Flash)—

ସମଗ୍ର ବିକିରିତ ଶକ୍ତିର ପ୍ରାୟ $\frac{1}{3}$ ଅଂଶ ଏହି ତାପ ଦୀପ୍ତି ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବିସ୍ଫୋରଣର କିଛି ସମୟପରେ ତାପ କମି 1700°Cକୁ ଆସେ । ଏହାକୁ ସର୍ବନିମ୍ନ ଉତ୍ତାପ କହନ୍ତି । ଏହି ଉତ୍ତାପ ହ୍ରାସଲି ହେବାପରେ 3 ସେକେଣ୍ଡରେ ଅଉ ନୌଣସି ବିକିରଣ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ଏହି ସର୍ବନିମ୍ନ ଉତ୍ତାପରେ ପହଞ୍ଚିବା ପୂର୍ବରୁ ଯାହାବା କିଛି ବିକିରଣ ହୁଏ ସେଥିରୁ ରକ୍ଷା ପାଇବାକୁ ହେଲେ ଗୋଟିଏ ମୋଟା ଅସ୍ୱଚ୍ଛ ପଦାର୍ଥ ଢାଙ୍କି ହେଲେ ଚଳିବ । ଏକ ମାଇଲରୁ କିଛି ଅଧିକ ଦୂରତାରେ ଏହି ତାପ ଦୀପ୍ତି ବିକିରଣ 6 ଗ୍ରାମ-କ୍ୟାଲୋରୀ/ବର୍ଗସେ:ମି ହେବ । ଏହି ତାପ ଦ୍ୱାରା ହଠାତ ପରୁଣ ଭାଗ ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ୍ୟୁର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବେ । କାରଣ

ଧଳା କାଗଜ ଜଳିବାପାଇଁ 10 ଓ କଳା କାଗଜ ଜଳିବାକୁ 3-ଗ୍ରାମ-କ୍ୟାଲୋରୀ/ବର୍ଗ-ସେ:ମି ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ପ୍ରସ୍ଫୋଟର ଠିକ ତଳେ ଉତ୍ତାପ 3000°C ହେବ ।

ଅଗ୍ନିଗୋଲକର ଦୀପ୍ତିଦ୍ୱାରା ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ବ୍ୟକ୍ତିମାନଙ୍କର ଆଖି କ୍ଷତଗ୍ରସ୍ତ ହେବ । 10 ମାଇଲ ଦୂରରୁ ଯଦି ଏହି ଅଗ୍ନିଗୋଲକକୁ ଜଣେ ଚାହିଁବ ତେବେ ଏକ ମିନିଟରୁ ଅଧିକ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅସ୍ଥାୟୀ ଭାବେ ଅନ୍ଧ ହୋଇଯିବ ।

ବାତ୍ୟା ତରଙ୍ଗ (Blast Wave)

କୌଣସି ସଂରଚିତ ବସ୍ତୁ (Structural Material) ଉପରେ ବାତ୍ୟା ତରଙ୍ଗର ପ୍ରଥମ ପ୍ରଭାବ, ଏକ ବିରାଟ ହାତୁଡ଼ିରେ ପିଟିବା ଭଳି ଅନୁଭୂତ ହେବ । କମ୍ପନ ତରଙ୍ଗ ସଂରଚିତ ବସ୍ତୁର ଅପରପାର୍ଶ୍ୱରେ ପହଞ୍ଚିବା କ୍ଷଣି ଚାପ ଖୁବ ବଢିଯାଏ ଏବଂ ବସ୍ତୁକୁ ସଙ୍କୁଚିତ କରି ଚୂର୍ଣ୍ଣୀଭୂତ କରିଦିଏ ।

ଏହି ବାତ୍ୟା ଲୋକମାନଙ୍କର ସିଧାସଳଖ କ୍ଷତି କରିପାରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ କୋଠାବାଡ଼ି ଭଙ୍ଗାରୁଜା ହେବାଦ୍ୱାରା ଏହାର ଭଗ୍ନ ଖଣ୍ଡଗୁଡ଼ିକ ବାତ୍ୟାରେ ଉଡ଼ି ଲୋକମାନଙ୍କର କ୍ଷତି ଘଟାଇ ଥାଏ ।

କର୍ଣ୍ଣ ଗହ୍ୱରରେ ଏହି ପ୍ରସ୍ଫୋଟଦ୍ୱାରା କ୍ଷତହୋଇଥାଏ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ରକ୍ତସ୍ରାବ ମଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ।

ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିକିରଣ :—

ଏହି ବିକିରଣରୁ ନିଉଟ୍ରନ ଓ ଗାମାରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ନିଉଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାୟୀ ବସ୍ତୁକୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କରିଥାଏ । ଆଲଫା ବା ବିଟା ରଶ୍ମି ମଧ୍ୟ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କର ପ୍ରବେଶ କ୍ଷମତା କମ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା କ୍ଷତି କମ ହୋଇଥାଏ ।

ଗାମା ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ସବୁଠାରୁ ଭୟଙ୍କର କ୍ଷତି ହୋଇଥାଏ । ହିରୋସିମା ଓ ନାଗାସାକିରେ ଯେତେ ସଂଖ୍ୟକ ବ୍ୟକ୍ତି ମୃତ ହୋଇଥିଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଗାମା ବିକିରଣରେ ଶତକଡ଼ା 15 ଭାଗ ମୃତ ହୋଇଥିଲେ । ବିସ୍ଫୋରଣ ସ୍ଥାନର ପ୍ରାୟ $1\frac{1}{2}$

ମାଇଲ ଦୂରତ୍ୱରୁ ଅଧିକ ସ୍ଥାନରେ ଗାମା ବିକିରଣର ପ୍ରଭାବ କମିଥାଏ । କାରଣ ଏହି ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷତି ବାତ୍ୟା ଓ ତାପ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । ମେଗାଟନ ବିସ୍ଫୋରଣରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ନଉକ୍ଲୟାର ବିକିରଣ ବିଶେଷ କ୍ଷତି କରି ନଥାଏ ।

ଅବଶିଷ୍ଟ ନଉକ୍ଲୟର ବିକିରଣ—

ବିକିରଣର ଉତ୍ସ ହେଲା ବିଭଜନ ପ୍ରସୂତ ଉତ୍ପାଦନ । ବିଭଜନ ଓ ସଂଯୋଜନ ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଜାତ ହୁଅନ୍ତି ସେମାନେ ସ୍ଥାୟୀ ବସ୍ତୁକୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କରିଥାନ୍ତି । ଆଉ କେତେକ ନଉକ୍ଲୟସ ୟୁରାନିୟମ ଓ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ବୋମାରେ ବିଭଜନ ନ ହୋଇ ରହିଥାନ୍ତି । ଏହା ଦ୍ୱାରା ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

ଯଦି କୌଣସି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥ ଦ୍ୱାରା ମନୁଷ୍ୟ ଶରୀରରେ କ୍ଷତି ହେବ ତେବେ ଏହା ମନୁଷ୍ୟ ଶରୀରକୁ ଅନାୟାସରେ ପ୍ରବେଶ କରିବା ଉଚିତ । ଷ୍ଟ୍ରୋନସିୟମ-90 ଆଇସୋଟୋପ ଅତି ସହଜରେ ଶରୀର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁ-କାଳ 28 ବର୍ଷ । କାଲସିୟମ୍ ସହ ଏହାର ରାସାୟନିକ ସାମଞ୍ଜସ୍ୟ ଥିବାରୁ ସହଜରେ ହାଡ଼ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରି ସଂଚିତ ହୁଏ । ଏହା ବିଟା ରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରିଥାଏ ।

ଆଲଫା ବା ବିଟା ର୍ ୍ଳର ବାହାରେ ରହି ଶରୀରର କୌଣସି କ୍ଷତି ଘଟାଇ ନଥାନ୍ତି । କାରଣ ଏମାନଙ୍କର ପ୍ରବେଶ କ୍ଷମତା କମ୍ । କିନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସ ଶରୀର ମଧ୍ୟରେ ରହେ ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ ଖୁବ ଦୀର୍ଘ ଅଟେ, ଏଥିରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ବିଟା ରଶ୍ମି ମଧ୍ୟ ଶରୀର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭୂତ କ୍ଷତି ଘଟାଇଥାଏ (ଯଥା ଷ୍ଟ୍ରୋନସିୟମ-90)

ସିଜିୟମ-137 ଗାମା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରେ ଏବଂ ଶରୀର ବାହାରେ ରହି ମଧ୍ୟ ଶରୀରର କ୍ଷତି ସାଧନ କରିଥାଏ ।

ପରମାଣୁ ଯୁଦ୍ଧ

ପରମାଣୁ ଓ ଉଦଜାନ ବୋମା ମାରଣାସ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକ କିପରି ଓ କେଉଁ ପରିମାଣର କ୍ଷତି ଘଟାଇଥାନ୍ତି ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନ ଆଲୋଚନା କରିବା । ଯଦି 10 ମେଗାଟନ ବୋମା ଭୂପୃଷ୍ଠ ନିକଟରେ ବିସ୍ଫୋରିତ ହୁଏ ତେବେ 7 ମାଇଲ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଗହ୍ୱର ସୃଷ୍ଟି ହେବ । ଏହି ଗହ୍ୱର ଅଞ୍ଚଳରେ ସମସ୍ତ କୋଠାବାଡ଼ି ଚୂର୍ଣ୍ଣୀଭୂତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସମସ୍ତ ଜୀବଜନ୍ତୁ ବସ୍ତୁ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହୋଇଯିବେ । ଏ ଅଞ୍ଚଳରେ ଅଗ୍ନି ଦେଖାଯିବ ନାହିଁ, କାରଣ ଜଳବାୟୁ

କିଛି ଆଉ ବାକି ନଥାଏ । 3 ½ ମାଇଲ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ମଧ୍ୟରେ ସବୁଗୁଡ଼ିକ ବି ନଷ୍ଟ ହୋଇ-ଥାଏ । କ୍ଷତିର ପରିମାଣ କଳନା କରିବା ମୁସ୍କିଲ । ଘରଗୁଡ଼ିକ ଏପରି କ୍ଷତିଗ୍ରସ୍ତ ହୋଇ-ଥାଏ ଯେ ଆଉ ମରାମତି ହେବା ଅବସ୍ଥାରେ ନଥାଏ । 12 ମାଇଲ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗଛଗୁଡ଼ିକ ଏକ ମଇଳା ଓ ଆବର୍ଜନାରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ । 12 ମାଇଲ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପରେ ଏକ ବଳୟରେ ଅଳ୍ପ କ୍ଷତି ଘଟିଥାଏ । ଏ ଅଞ୍ଚଳରେ ଝରକାର କାଚଗୁଡ଼ିକ ଭାଙ୍ଗିଯାଏ । ଘର ଛାତ ଓ ଟାଇଲ ଗୁଡ଼ିକ ଉଡି ଯାଇ ଚୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଯାଏ, ଏବଂ 25 ମାଇଲ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବାହାରେ ବୁଲୁଥିବା ଲୋକେ ସାଧାରଣଭାବେ ଜଳିଯାନ୍ତି । ଏସବୁ ପ୍ରଭାବ ବାତ୍ୟା ଓ ଉତ୍ତାପରୁ ହୋଇଥାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷୟକ୍ଷତି ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ମଧ୍ୟ ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଯଦି ଏହି ବିସ୍ଫୋରଣ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ନ ହୋଇ ଭୂ ପୃଷ୍ଠରେ ହୁଏ ତେବେ ଲକ୍ଷ ଲକ୍ଷ ଟନ୍ ମାଟି ଉପରକୁ ଉଠି ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ସହ ମିଶି ଯାଇଥାଏ । ଆକାଶ ଧୂଳିପଟଳ ଦ୍ୱାରା ଆଚ୍ଛାଦିତ ହୋଇ ଅନ୍ଧକାର ଦିଶୁଥାଏ । ଅଗ୍ନିକାଣ୍ଡ ଦ୍ୱାରା ତପ୍ତତରଳ ଧୂଳିପଟଳ ମଧ୍ୟ ଉପରକୁ ଉଠିଥାଏ ଏବଂ ଏସବୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ମେଘରାଶି ଭଳି ଜଣା ପଡ଼ୁଥାଏ । ବିସ୍ଫୋରଣର ଅଧ ଘଣ୍ଟାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ଏକଘଣ୍ଟା ମଧ୍ୟରେ ଏହି ଉତ୍ପନ୍ନ ଧୂଳିପଟଳ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ତଳକୁ ଖସି ଭୂ ପୃଷ୍ଠରେ ବସିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ଏହି ଧୂଳିର ଅଧିକାଂଶ 12 ଘଣ୍ଟା ମଧ୍ୟରେ ତଳକୁ ଚାଲିଆସିଥାନ୍ତି । ଅତି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ନଉକ୍ଲିୟସ ଗୁଡ଼ିକ ଏହି ଧୂଳିରାଶି ସହ ମିଶି 2 ହଜାର ବର୍ଗ ମାଇଲ ଅଞ୍ଚଳରେ ପ୍ରକାଣ୍ଡ ମାରାତ୍ମକ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ସୃଷ୍ଟି କରିଥାନ୍ତି । ଯଦି ଏହି ଅଞ୍ଚଳରେ କେହି ବଂଚିବାକୁ ଚାହେଁ, ତେବେ ଦୁଇଦିନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯେତେଦୂର ସମ୍ଭବ ଅତି ଉତ୍ତମ ଭାବେ ଶରୀର ଘୋଡାଇ ରଖି ତତ୍ପରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଶୂନ୍ୟ ଅଞ୍ଚଳକୁ ଚାଲିଯିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ଦୁଇଦିନ ଘୋଡ଼ାଇ ହୋଇ ରହିବାର କାରଣ ଏହି ଯେ ବିକିରଣ ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଅତି ତୀବ୍ରହୋଇ ପରେ ପରେ ଶୀଘ୍ର ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ବିକିରଣର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ଭାଗ ପ୍ରଥମ 36 ଘଣ୍ଟା ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଦୁଇ ତୃତୀୟାଂଶ ପରବର୍ତ୍ତୀ 10 ଦିନ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବେ ବିକିରଣ ମୁକ୍ତ ହେବାକୁ 100 ବର୍ଷ ଲାଗିଥାଏ । ତେଣୁ ବିକିରଣ ସମୟରେ ସର୍ବପ୍ରଥମେ ଅତି ଉତ୍ତମ ଭାବେ ନିଜକୁ ଘୋଡାଇ ରଖି ପରେ ପରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଶୂନ୍ୟ ଅଞ୍ଚଳକୁ ଯିବାକୁ ପଡ଼ିଥାଏ ।

ଏଥିରୁ ସହଜରେ ଅନୁମେୟ ଯେ ସମଗ୍ର ପୃଥିବୀକୁ ମାରାତ୍ମକ ଅଞ୍ଚଳରେ ପରିଣତ କରିବାକୁ ହେଲେ ମାତ୍ର ଏହିପରି 40ଟି ବୋମା ଆବଶ୍ୟକ । ଏଥିରୁ ବଞ୍ଚିବା ନିମିତ୍ତ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଉପାୟ ନାହିଁ । ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ 10 ମେଗାଟନ ବୋମା ବିଷୟ ଆଲୋଚିତ ହେଲା ।

ଯଦି 20 ମେଗାଟନ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ କରାହୁଏ ତେବେ କ୍ଷୟକ୍ଷତି ହେଉଥିବା ଅଞ୍ଚଳ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧରେ ବିଶେଷ କିଛି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ନାହିଁ । ତେବେ ଏହି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଘନମୂଳଭାବେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ ଯଦି ବୋମାର ଆକାର ଦ୍ୱିଗୁଣ କରାହୁଏ ତେବେ 10 ମାଇଲ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧରେ ବୃଦ୍ଧି ହୋଇ 12 ମାଇଲ ହୋଇଥାଏ । ବୋମାର ଆକାର ଦୁଇଗୁଣ ବା ତିନିଗୁଣ ବଢାଇଲେ କ୍ଷୟକ୍ଷତି ହେଉଥିବା ଅଞ୍ଚଳ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧରେ ବିଶେଷ କିଛି ବୃଦ୍ଧି ହୋଇନଥାଏ । କିନ୍ତୁ ବିକିରଣର ପରିମାଣ ବୋମାର ଆକାର ସହ ସମାନ୍ତରାଳଭାବେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ ବୋମାର ଆକାରକୁ ଦୁଇଗୁଣ କଲେ ବିକିରଣର ପରିମାଣ ମଧ୍ୟ ଦୁଇଗୁଣ ହୋଇଥାଏ । ବୋମାର ଆକାରକୁ ଇଚ୍ଛାନୁଯାୟୀ ବଢ଼ାଯାଇ ନପାରେ, କାରଣ ଏଗୁଡ଼ିକର ପରିବହନ ଅସୁବିଧା ଦେଖା ଦେଇଥାଏ । ପ୍ରଭାବଶାଳୀ ମାରଣାସ୍ତ୍ର ହେବାକୁ ହେଲେ ଏହାକୁ ରକେଟ ସାହାଯ୍ୟରେ ବା ଉଡ଼ାଜାହାଜ ନିକ୍ଷେପରେ ଲକ୍ଷ୍ୟସ୍ଥଳକୁ ନେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହା ହେଉଛି ଏକମାତ୍ର ପ୍ରତିବନ୍ଧକ । 50, 100, 200 ମେଗାଟନ ବୋମା ଯଦି ଯୁଦ୍ଧକ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାହୁଏ ତେବେ ଏହାଦ୍ୱାରା କିପରି ସର୍ବାଧିକ କ୍ଷତି ହୋଇପାରିବ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଇଥାଏ ।

ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଦ୍ୱାରା ସର୍ବାଧିକ କ୍ଷତି ସାଧନ କରିବାକୁ ହେଲେ ବିସ୍ଫୋରଣ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଭୂପୃଷ୍ଠର ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ହୁଏ ତେବେ ଅଧିକାଂଶ କ୍ଷତି କେବଳ ପ୍ରବଳ ଉତ୍ତାପରୁ ହୋଇଥାଏ । ଯଦି 100 ମେଗାଟନ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ କରାହୁଏ ତେବେ 60 ମାଇଲରୁ ଆରମ୍ଭ କରି 140 ମାଇଲ ବୃତ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଅଗ୍ନିଝଡ଼ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଯଦି ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ହୁଏ ତେବେ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଯଦି ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ହୁଏ ତେବେ ସବୁ ଜଳି ଛାରଖାର ହୋଇଯାଏ । ଯୁଦ୍ଧ ସମୟରେ କୌଶଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଦ୍ୱିତୀୟ ପ୍ରକାର କ୍ଷତି କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରାହୁଏ । ଯୁଦ୍ଧ ନିମିତ୍ତ ୨ୟ ପ୍ରକାର କ୍ଷତି ଆବଶ୍ୟକ । କାରଣ ଯଦି ମନୁଷ୍ୟ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଯୋଗୁ ମରୁଥାନ୍ତି, ତେବେ ସେମାନେ ହୁଏତ ପୁନର୍ବାର ଯୁଦ୍ଧ କରି ପାରନ୍ତି, କିନ୍ତୁ ଯଦି ସମସ୍ତେ ଜଳିପୋଡ଼ି ଯାଇଥିବେ ତେବେ ଯୁଦ୍ଧ କରିବାକୁ ଆଉ କେହି ନଥିବେ ।

କେଉଁ ପ୍ରକାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର କେଉଁ ଦେଶ କେତେ ପରିମାଣରେ ମହଜୁଦ କରି ରଖିଛି ତାହାର ଅଟକଳ କରିବା ସହଜ ନୁହେଁ । ତଥାପି ଆମେରିକାର 30,000 ମେଗାଟନ, [illegible]ିଆର 20,000 ଓ ଇଂଲଣ୍ଡର 5000 ମେଗାଟନ ବୋମା ଗଚ୍ଛିତ ଅଛି ବୋଲି ଅନୁମାନ କରାଯାଏ । ଏମାନଙ୍କ ତୁଳନାରେ ଫ୍ରାନସର ମହଜୁଦ ଖୁବ ନଗଣ୍ୟ । ଯଦି ଉଭୟଙ୍କର

ସମପରିମାଣର ବୋମାଥାଏ ତେବେ କେହି ପ୍ରଥମେ ଯୁଦ୍ଧ କରିବାକୁ ଆଗଭର ହେବେ ନାହିଁ । କାରଣ ଏଠାରେ "Balance of Terror" କାମ କରେ । ଏହି ଭୟ ସ୍ଥାୟୀ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ତଥାପି ଯୁଦ୍ଧ ତିନି ପ୍ରକାରରେ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥାଏ । ଦୈବାତ୍ ଯୁଦ୍ଧ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥାଏ ବା କ୍ଷୁଦ୍ର କ୍ଷୁଦ୍ର ଗଣ୍ଡଗୋଳରୁ ଯୁଦ୍ଧ ଆରମ୍ଭର ସୂତ୍ରପାତ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଥମେ ପ୍ରଚଳିତ ଅସ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା କ୍ଷୁଦ୍ର ଧରଣର ଯୁଦ୍ଧ ହୋଇ ପରେ ପରେ ବଡ଼ ଧରଣର ଅସ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଯୁଦ୍ଧରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । କ୍ଷୁଦ୍ର ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ରକୁ 'Tactical' ଅସ୍ତ୍ର କହନ୍ତି । ଏହି ଟାକଟିକାଲ ଅସ୍ତ୍ର ହିରୋସିମା ଉପରେ ପଡ଼ିଥିବା ବୋମା ସଦୃଶ, ଅର୍ଥାତ କିଲୋଟନ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ । ଯଦି କୌଣସି ଯୁଦ୍ଧ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସେନାଧ୍ୟକ୍ଷ ହାରିଯିବାର ସୂଚନା ପାଏ ତେବେ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଟାକଟିକାଲ୍ ନିଉକ୍ଲିୟାର ମାରଣାସ୍ତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରିବେ ଏବଂ ଶତ୍ରୁପକ୍ଷ ତାଠାରୁ ବଳି ବୋମା ପ୍ରୟୋଗ କରିବେ, ଏବଂ ଯୁଦ୍ଧ ଆଗେଇ ଚାଲିବ । ଏଥିରୁ ଅନୁମାନ କରିବାକୁ କଷ୍ଟ ହେବ ନାହିଁ ଯେ ପରିଶେଷରେ ପରିଣତି କଣ ହେବ ।

ତୃତୀୟ ସମ୍ଭାବନା ଏହି ଯେ ଗୋଟିଏ ପକ୍ଷରେ ଯଦି ଏହି ପରିମାଣର ବୋମା ମହଜୁଦ ଥାଏ ତେବେ ଆକ୍ରମଣ କରିବା ପ୍ରଥମେ ଖୁବ ସୁବିଧାଜନକ ଏବଂ ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣ ଏପରି ପ୍ରଚଣ୍ଡ ଧରଣର ହୋଇଥାଏ ଯେ ଶତ୍ରୁପକ୍ଷର 30,000 ମେଗାଟନ ବୋମା ମହଜୁଦ ଥିଲେ ମଧ୍ୟ ସେଥିରୁ କିଛି ପ୍ରୟୋଗ କରି କ୍ଷତିସାଧନ କରିବା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇପଡ଼େ । ଯଦି ପ୍ରଥମପକ୍ଷର ଆକ୍ରମଣ କରିବାର ଯଥେଷ୍ଟ ସୁବିଧାଥାଏ ତେବେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ Balance of Terror କାର୍ଯ୍ୟ କରି ନ ଥାଏ । ରାଜନୈତିକ ଅସ୍ଥିରତା ଘନେଇ ଆସିଲେ ଉଭୟ ପକ୍ଷ ଭାବନ୍ତି ଯେ ଅନ୍ୟପକ୍ଷ ଯୁଦ୍ଧ ଆରମ୍ଭ କରିପାରେ । କିନ୍ତୁ ଯୁଦ୍ଧ ପ୍ରଥମେ କିଏ ଆରମ୍ଭ କରିବ ? ଏକ ପକ୍ଷଭାବେ ଅନ୍ୟପକ୍ଷ ପ୍ରଥମେ ଯୁଦ୍ଧ ଆରମ୍ଭ କରୁ ।

ବିଗତ କିଛି ବର୍ଷ ହେବ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ ପରୀକ୍ଷା କରି ପ୍ରତ୍ୟେକ ପକ୍ଷ ଏହାକୁ ପ୍ରମାଣିତ କରିବାକୁ ଚାହେଁ ଯେ ଯଦି ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷ ଯୁଦ୍ଧ ଆରମ୍ଭ କରେ ତେବେ ତାର ଠିକଣା ଜବାବ ଦେବା ନିମିତ୍ତ ଏ ପକ୍ଷର ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତିସାମର୍ଥ୍ୟ ଅଛି । ଏହାଦ୍ୱାରା କେବଳ ଭୟ-ପ୍ରଦର୍ଶନ କରାଯାଇଥାଏ । ମାରଣାସ୍ତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଏହି ଭୟପ୍ରଦର୍ଶନ କରାଯାଇଥାଏ । ବୋମା ନିର୍ମିତ ହେବାପରେ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଯୁଦ୍ଧକ୍ଷେତ୍ରକୁ ବୋହିନେବା ହେଲା ପ୍ରଧାନ ସମସ୍ୟା । ଏହି ବୋହିନେବା କାର୍ଯ୍ୟ ଯୋଗାଣପଦ୍ଧତି (Delivery system) ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । ତେବେ ଆମେରିକାର କେତେ କଣ ଅଛି ତାହା ଜାଣିବା ସହଜ; କାରଣ ଏଗୁଡ଼ିକ ଶୀଘ୍ର ପ୍ରକାଶ ପାଇଥାଏ । ଋଷିଆ ବିଷୟରେ କହିବା କଠିନ ତେବେ ଗୋଟିଏ ସାଧାରଣ ବିଷୟ

ଏହି ଯେ ଯଦି କୌଣସି ବୈଜ୍ଞାନିକ ସମସ୍ୟା ଉପୁଜେ, ଏବଂ ଆମେରିକାକୁ ଯଦି ତାର ସମାଧାନ ଜଣା, ତେବେ ରୁଷିଆ ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୁଏତ 6 ମାସ ପୂର୍ବରୁ କରିସାରିଥିବ ବା 6 ମାସ ପରେ କରିବ । ଯେତେବେଳେ ଆମେରିକାର ସମସ୍ୟା ବିଷୟ ଆଲୋଚନା ହେଉଥିବ, ସେତେବେଳେ ରୁଷିଆ ହୁଏତ ସେଗୁଡ଼ିକର ସମାଧାନ କରୁଥିବା ବା କରିସାରିଥିବ । କାହାର କେତୋଟି ରକେଟ, ଯୁଦ୍ଧଜାହାଜ ଅଛି ତାହା ବର୍ଣ୍ଣନା କରିବା ସହଜ ନୁହେଁ । ତେବେ ଏହା କମ୍ ।

ଏହି ଯୋଗାଣ ପଙ୍କ୍ତିର ବିମାନ ଏକ ଅଂଶ ଅଟେ । ସେଗୁଡ଼ିକୁ V ବୋମାବର୍ଷୀ ବିମାନ କହନ୍ତି । ଆମେରିକୀୟ ମଡେଲଗୁଡ଼ିକ ହେଲା B47, B52, B58 । B47 ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି 600 ମାଇଲରେ ଗତି କଲାବେଳେ B58 1200 ମାଇଲ ବେଗରେ ଗତି କରିଥାଏ । ଏମାନଙ୍କର ବିସ୍ତାର (Range) 8000 ମାଇଲ । 10-20 ମେଗାଟନ ବୋମା ନେଇ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ପୁନର୍ବାର ଇନ୍ଧନ ଗ୍ରହଣ କରି ଶତ୍ରୁପକ୍ଷ ଉପରେ ଆକ୍ରମଣ କରି ଏହି ବିମାନଗୁଡ଼ିକ ଫେରି ଆସିପାରିବେ । ଆମେରିକୀୟ ଫ୍ଲିଟ(Fleet)ରେ ଏହିପରି ପ୍ରାୟ 1500 ବିମାନ ଅଛି । B58 ଏକ ବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ ବୋମାବର୍ଷୀ ବିମାନ । B58 ଓଜନର ସୁନାର ମୂଲ୍ୟ ଯେତିକି ଏହାର ନିର୍ମାଣବ୍ୟୟ ପ୍ରାୟ ସେତିକି । ଯଦି ଅପରପକ୍ଷ ପ୍ରଥମେ ଆକ୍ରମଣ କରେ ତେବେ ଏହି ବିମାନଗୁଡ଼ିକ ଦୁଇଟି ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୁଅନ୍ତି । ପ୍ରଥମତଃ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଉଠିଲାବେଳକୁ ଅପରପକ୍ଷର ବୋମାବର୍ଷଣ ଫଳରେ ସମୂଳେ ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ବିପଦରୁ ରକ୍ଷାପାଇବା ନିମନ୍ତେ ଫ୍ଲିଟର ପ୍ରାୟ ଅର୍ଦ୍ଧେକଙ୍କୁ 15 ମିନିଟ ମଧ୍ୟରେ ସତର୍କ ହେବାକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରାୟ 500 ବିମାନ ପନ୍ଦର ମିନିଟ ମଧ୍ୟରେ ଯୁଦ୍ଧ ନିମନ୍ତେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଉଠି ଆସିପାରିବେ । ସତର୍କକାଳ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରାୟ 200 ବିମାନ 2000-4000 ମେଗାଟନ ବିସ୍ଫୋରକ ଦ୍ରବ୍ୟନେଇ ଆକାଶମାର୍ଗରେ ପରିଭ୍ରମଣ କରନ୍ତି । ଦ୍ୱିତୀୟ ବିପଦ ହେଲା ଉପରକୁ ଉଠି ଲକ୍ଷ୍ୟସ୍ଥଳରେ ପହଞ୍ଚିବା ପୂର୍ବରୁ ଶତ୍ରୁପକ୍ଷ କମାଣ ଦ୍ୱାରା ତଳକୁ ଖସିଥାନ୍ତି । ଏ ସମ୍ବନ୍ଧରେ କ୍ରୁଶ୍ଚେଭ ଥରେ କହିଥିଲେ Russians could "hit a fly in space" । ଅର୍ଥାତ୍ ରୁଷିଆ ବାସୀମାନେ ଆକାଶରୁ ମାଛିକୁ ମଧ୍ୟ ଗୁଳି କରି ଖସାଇ ଦେଇପାରିବେ । ଅବଶ୍ୟ ଏହି ଉକ୍ତି ଅତିରଞ୍ଜିତ ବୋଲି ମନେହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ ରୁଷିଆବାସୀମାନେ 42କୁ ଗୁଳିକରି ତଳକୁ ଖସାଇଲେ ସେତେବେଳେ ସମସ୍ତଙ୍କର ଧାରଣା ହେଲା ଯେ ସେମାନେ ବାସ୍ତବରେ ମାଛିକୁ ମଧ୍ୟ ଖସାଇ ଦେଇପାରିବେ । ରୁଷିଆର ପ୍ରତି ବିମାନବିଧ୍ୱଂସୀ (Antiaircraft) ଅତି ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଯେହେତୁ ଆମେରିକାର ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଆକାଶକୁ ନିକ୍ଷେପିତ ହେଉଥିବା କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର (Ground to Air Missile) ଅତି ପ୍ରଭାବଶାଳୀ । Nike-zeus ମାରଣାସ୍ତ୍ର ଏକ ପ୍ରକାର କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର ଏବଂ ଏହା ଅତି

ପ୍ରଭାବଶାଳୀ । ଯେଉଁ ନଗରୀକୁ Nike-zeus ରକ୍ଷା କରିବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ ତାହାର ଅନ୍ୟ କେନ୍ଦ୍ର କ୍ଷତି କରିପାରିବେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଏଗୁଡ଼ିକ ବର୍ତ୍ତମାନ ଅଚଳ ହୋଇଗଲାଣି ।

(Thors) ଏବଂ (Jupitors)ଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟମ ବିସ୍ତାର କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର (Intermediate Range Ballistic Messile) ଅଟନ୍ତି । ଏମାନଙ୍କର ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି ବେଗ 10.000 ମାଇଲ । ଏମାନେ 2-ମେଗାଟନ୍ ଭାରବହନ କରିଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କର ବିସ୍ତାର ହେଲ 2000 ମାଇଲ । କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ଅସୁବିଧା ହେଲ ଏଗୁଡ଼ିକ ବହୁଦୂର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କ୍ଷେପଣ କରିପାରିବେ ନାହିଁ । ସେଥିନିମିତ୍ତ ବିଦେଶୀ ରାଷ୍ଟ୍ରରେ ସାମରିକଘାଟୀ (Military Base) ସ୍ଥାପନ କରିବାକୁ ପଡ଼େ, ବ୍ରିଟେନରେ 60 Thors, ଇଟାଲୀରେ 30 Jupitors ଏବଂ ତୁର୍କୀରେ 15) । କ୍ୟୁବା ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନବେଳେ ଏହି କ୍ଷୁଦ୍ର ବିସ୍ତାର ବଲାସ୍ଟିକାର ଘାଟି ଳରସ୍ୟାରେ ଚୁକ୍ତିଅକୁ ଉପସ୍ଥାପିତ କରାଯାଇଥିଲା । ଏମାନଙ୍କର ବେଗ ପ୍ରାୟ ଦଶଗୁଣ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଭୂପୃଷ୍ଠ ଭିତ୍ତିଭୂଖପରେ ଶୀଘ୍ରଯାଇ ଲକ୍ଷ୍ୟସ୍ଥଳରେ ପହଞ୍ଚିଥାନ୍ତି, ଏବଂ ପ୍ରତି ଆକ୍ରମଣର ଭୟ ମଧ୍ୟ କମ ଥାଏ । ଅସୁବିଧା ଏହା ଯେ ଏହି ରକେଟଗୁଡ଼ିକ ତରଳ ଇନ୍ଧନ ବ୍ୟବହାର କରିଥାନ୍ତି ଏବଂ ଅତି କମ୍‌ରେ ଗୁଳିଚାଳନା ଆରମ୍ଭ କରିବାକୁ 15 ମିନଟ ଲାଗିଯାଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସତର୍କ ହେବାକୁ 4 ମିନଟରୁ ଅଧିକ ସମୟ ମିଳିନଥାଏ । ଯଦି ଅଧିକ କାଳକ୍ଷେପଣ କରାଯାଏ ତେବେ ଅପରପକ୍ଷ ପ୍ରଥମେ ଆକ୍ରମଣ କରିବାର ସମ୍ଭାବନା ଖୁବ୍ ଅଧିକ । ଏଗୁଡ଼ିକ ବିପଦପୂର୍ଣ୍ଣ ମାରଣାସ୍ତ୍ର କାରଣ ଶତ୍ରୁପକ୍ଷକୁ ଆକ୍ରମଣ କରିବାକୁ ପ୍ରଥମ ସୁଯୋଗ ଦେଇଥାଏ । ଯଦି ଯୁଦ୍ଧଲାଗେ ତେବେ ଏଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଥମେ ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଯୁଦ୍ଧରେ ଉନ୍ନତଧରଣର ପୋଲରିସ କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର (Polans rissile)ଗୁଡ଼ିକୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମ ଓ ଗୁଣାବଳୀ କୌଶଳ ମଧ୍ୟ ବିସ୍ତାର କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର ସଦୃଶ । ଏଗୁଡ଼ିକ ବୁଡ଼ାଜାହାଜରେ ବୁଡ଼ି ରହିଥିବାରୁ ଶତ୍ରୁପକ୍ଷର ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣରୁ ରକ୍ଷା ପାଇଥାନ୍ତି । ଶାନ୍ତି ରକ୍ଷାକରିବାକୁ ଚାହିଁଲେ ପ୍ରଥମେ ଆକ୍ରମଣ କରିବା ଉଚିତ ନୁହେଁ । ଯଦି ପୋଲରିସ ବୁଡ଼ାଜାହାଜ ଅଛି ତେବେ ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣ ପରେ ମଧ୍ୟ ଏଥିରୁ ଆକ୍ରମଣରେ ମୁକାବିଲା କରିହେବ ।

ଏହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ଆନ୍ତର୍ମହାଦେଶୀୟ କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର (Inter Contirental Ballistic rissile)ର ସୃଷ୍ଟି ହେଲା । Atlas ଓ Titan I ଏହାର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ଏମାନଙ୍କର ଗତି ଘଣ୍ଟାପ୍ରତି 20.000 ମାଇଲ ଏବଂ ବିସ୍ତାର 8000 ମାଇଲ । ଏହା ଲକ୍ଷ୍ୟସ୍ଥାନର ଦୁଇମାଇଲ ଆଗକୁ ବା ପଛକୁ ସଠିକଭାବେ ଗୁଳିକରିପାରେ । 5-10

ମେଗା ଟନ ଓଜନର ବୋମା ବହନ କରିପାରନ୍ତି । ତଥାପି ଏହି ରକେଟଗୁଡ଼ିକ ତରଳ ଇନ୍ଧନ ଉପଯୋଗ କରି ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେବାକୁ 15 ମିନିଟ ସମୟ ନେଇଥାନ୍ତି ।

ତାପରେ Titan IIର ସୃଷ୍ଟି । ଏହା ମଧ୍ୟ ତରଳ ଇନ୍ଧନ ଉପଯୋଗ କରୁଥିବା ରକେଟ୍ । ଏହା ବହୁପରିମାଣର ଭାର ବହନ କରିପାରେ । ଏହା Titan I ଅପେକ୍ଷା ବଡ଼ ଏବଂ ଏହାକୁ ଭୂଗର୍ଭରେ ଗର୍ତ୍ତକରିବାଯାଇ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଗର୍ତ୍ତମୁଖରେ 250 ଟନ ଓଜନର କଂକ୍ରିଟ ଢାଲ ରଖାଯାଇଥାଏ ଯଦ୍ୱାରା ଉତ୍ତମ ରୂପେ ଆକ୍ରମଣରୁ ରକ୍ଷା ପାଇଥାଏ, ଏହି କଂକ୍ରିଟ ଢାଲ ଫଟାଇ Titan II ଉପରେ ଆକ୍ରମଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ 10 ମେଗାଟନ ବୋମା ଏହି ଢାଲ ଉପରେ ଫୁଟିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି Titan II 2 ମିନିଟ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇ ଆକ୍ରମଣ କରିପାରିବ । କଂକ୍ରିଟ ଢାଲ ଖୋଲି ବାହାରକୁ ଆସିବା ନିମିତ୍ତ 2 ମିନିଟ ସମୟ ଲାଗିଥାଏ ।

ତାପରେ ସୃଷ୍ଟି ହେଲା Minuteman । ଏଗୁଡ଼ିକ ପୋଲାରିସ ଶ୍ରେଣୀର କିନ୍ତୁ ଭୂ ଗର୍ଭରେ ରହେ । ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି ଗତି 15,000 ମାଇଲ ଏବଂ ବିସ୍ତାର 6000 ମାଇଲ ଅଟେ । ଏମାନେ ଏକ ମେଗାଟନ ଭାର ନେଇ ପାରନ୍ତି । ପୋଲାରିସ ବୁଡ଼ା ଜାହାଜ ଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣରେ କ୍ଷତଗ୍ରସ୍ତ ହୋଇ ନଥାନ୍ତି, କାରଣ ସେଗୁଡ଼ିକ କେଉଁଠି ଅଛନ୍ତି ଜାଣିବା ମୁସ୍କିଲ । (Minuteman) ମଧ୍ୟ ଭୂ ଗର୍ଭରେ ରହୁଥିବାରୁ ସଠିକ ଭାବେ ଜାଣିବା ଅସୁବିଧା ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣରେ ଏମାନଙ୍କର ମଧ୍ୟ କ୍ଷତି ହୋଇ ନଥାଏ ।

ଆମେରିକା ଏପରି ପରିକଳ୍ପନା କରୁଛି ଯେପରି ଅନ୍ୟ ପକ୍ଷରୁ ଅଗ୍ରନକ ପ୍ରଥମ ଆକ୍ରମଣ ଦ୍ୱାରା ଏହାର କିଛି କ୍ଷତି ନ ଘଟେ ।

ଆକ୍ରମଣ ଓ ପ୍ରତି ଆକ୍ରମଣ କିପରି ଓ କାହାଦ୍ୱାରା ହୋଇପାରିବ, ତାହାର ଆଲୋଚନା କରାହେଲା । ଆକ୍ରମଣ ସମୟରେ ଓ ପୂର୍ବରୁ କିପରି ସତର୍କ ହେବାକୁ ପଡ଼ିବ ଏବଂ ସତର୍କମୂଳକ ସଂକେତ କେଉଁଠାରୁ ଓ କିପରି ମିଳି ପାରିବ ତାହା ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ସତର୍କ ମୂଳକ ସଂକେତ BMEWS—Ballistic Missile Early Warning Systemରୁ ମିଳିଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ରାଡ଼ାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନ ଦ୍ୱାରା 4 ମିନିଟ୍ ପୂର୍ବରୁ ସତର୍କ ମୂଳକ ସଂକେତ ମିଳିଥାଏ । ଏହାକୁ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ । MIDAS—Missile Defence Alaram System—ଏଥିରେ 400 ପାଉଣ୍ଡ ଓଜନ ବିଶିଷ୍ଟ ଉପଗ୍ରହ ସ୍ଥାୟୀ ଭାବେ କକ୍ଷ ପଥରେ ଘୂରିଥାଏ । ଏହି ଉପଗ୍ରହ, ରକେଟରୁ କମାଣ ବର୍ଷିବା ସମୟରେ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେଉଥିବା ଇନ୍‌ଫ୍ରାରେଡ୍

ରଶ୍ମିକୁ ଗ୍ରହଣ କରି ଏହାର ସୂଚନା ଦେଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ସାଧାରଣ ରାଡ଼ାର, ରକେଟକୁ ଦିଗବଳୟରୁ କେବଳ ଦେଖିଥାଏ । କକ୍ଷ ପଥରେ ଏହିପରି କେତେଗୁଡ଼ିଏ ରକେଟ୍ ଘୂରି ବୁଲୁଛନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ବାଦଲରୁ ପ୍ରତିଫଳିତ ହେଉଥିବା ରଶ୍ମି ଓ ରକେଟରୁ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ରଶ୍ମି ମଧ୍ୟରେ ତଫାତ୍ ଜାଣିବା ମୁଷ୍କିଲ ହୋଇପଡ଼େ । ଯଦି ଉଭୟ ପକ୍ଷ ସଜାଗ ଅଛନ୍ତି ଏବଂ ରକେଟ ନିର୍ଗତ ରଶ୍ମି ବା ସୂର୍ଯ୍ୟାଲୋକକୁ ଚିହ୍ନି ହେଉନାହିଁ ତେବେ ଉଭୟଙ୍କ ମନରେ ସନ୍ଦେହ ଜନ୍ମେ । ତେଣୁ ଯେଉଁ ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ମଧ୍ୟରେ ଯାହା ଆକାଶ ମାର୍ଗରେ ଉଡ଼େ ତାହାର ଗତିପଥ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାକୁ ପଡ଼େ । ପୃଥିବୀ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ପ୍ରାୟ 100ରୁ 150 ରକେଟ ଓ ଉପଗ୍ରହ ପରିକ୍ରମା କରୁଛନ୍ତି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ଗତିପଥ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବା ନିମିତ୍ତ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଷ୍ଟେସନ ଅଛି । ଏବଂ ଯଦି ନୂତନ ବସ୍ତୁ ଉଡ଼ିବାର ଦେଖାଯାଏ ତେବେ ସେମାନେ ରେକର୍ଡ଼ କରିଥାନ୍ତି ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରତି-କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର (Anti-Missile-Missile) ବିଷୟ ଆଲୋଚନା କରିବା । ପୋଲରିଯ ଓ ମିନ୍ୟୁଟମ୍ୟାନକୁ ପ୍ରତିହତ କଲଭଳି ମାରଣାସ୍ତ୍ର ହେଉଛି Nike-Zeus ଶ୍ରେଣୀୟ । ପ୍ରଥମେ ରକେଟର ସ୍ଥାନ ନିରୂପଣ କରି ଏହାର ଲକ୍ଷ୍ୟ ସ୍ଥଳକୁ ଅନୁମାନ କରାଯାଏ । ତାପରେ Nike-Zeusକୁ ଏପରି ଗୁଳି କରାଯାଏ ଯେ ପ୍ରକ୍ଷେପ ପଥ ଦେଇ ଗତିକରେ । ଏହାକୁ "(Hitting a Bullet with a Bullet)" ଗୁଳିକୁ ଗୁଳି ଦ୍ୱାରା ଆଘାତ କରିବା କହନ୍ତି । ତାପରେ ରକେଟ ନିକଟରେ ପହଞ୍ଚିଲାକ୍ଷଣି ପ୍ରତି-କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର-କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ରକୁ ପ୍ରାରମ୍ଭ କରି ଗୁଳି କରାଯାଏ । ଏ ସବୁ କରିବା ବଡ଼ ଦୁରୂହ ବ୍ୟାପାର । ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ବାହାରେ ରକେଟ ବ୍ଲାଷ୍ଟ ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା କ୍ଷତି କରାଯାଇ ପାରିବ ନାହିଁ । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ଯୁଦ୍ଧ ଭେଳା (Warhead) ବ୍ୟବହାର କରିବାକୁ ପଡ଼ିବ । ଏଥିରୁ ଗାମାରଶ୍ମି ବା ନିଉଟ୍ରନ୍‌କୁ ବ୍ୟବହାର କରି କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ରକୁ ନଷ୍ଟ କରିବାକୁ ପଡ଼ିବ । ଆକ୍ରମଣ ନିମିତ୍ତ ଯେତେ ଯେତେ ନୂତନ ପନ୍ଥା ଉଦ୍ଭାବିତ ହେଉଛି, ଆକ୍ରମଣକୁ ପ୍ରତିହତ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଅନୁରୂପ ପନ୍ଥା ମଧ୍ୟ ଉଦ୍ଭାବିତ ହେଉଛି । ଏସବୁ ନିର୍ଭର କରୁଛି ରାଡ଼ାର ଦକ୍ଷତା ଉପରେ । ଯଦି କୌଣସି ପ୍ରକାରରେ ରାଡ଼ାର ଅଚଳ ହୁଏ, ତେବେ ପ୍ରତିରକ୍ଷା ପଦ୍ଧତି ମଧ୍ୟ ଅଚଳ ହୋଇଥାଏ । ରକେଟ ନିଜ ଗନ୍ତବ୍ୟ ପଥରେ ନ ଯାଇ ଆଉ କେତେକ ନକଲି ରକେଟକୁ ଛାଡ଼େ ଏବଂ ରାଡାର ଏହାକୁ ଅସଲି ରକେଟ ଭାବି ସଂକେତ ଦେବାଦ୍ୱାରା ପ୍ରତି-କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର- କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର ଏହି ନକଲି ରକେଟ୍ ଉପରେ ଆକ୍ରମଣ ଚଳାଏ । ଫଳରେ ପ୍ରତିରକ୍ଷା ବ୍ୟବସ୍ଥା ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ICBM କବଳରୁ ରକ୍ଷା ପାଇବା ନିମିତ୍ତ ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କୌଣସି ପ୍ରତିରକ୍ଷା ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଉଦ୍ଭାବନ ହୋଇନାହିଁ ।

ଷଷ୍ଠ ଅଧ୍ୟାୟ

ପରମାଣୁର ଶାନ୍ତି କାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ
(Peaceful Uses of Atomic Energy)

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଓ ଏହାର ଉପଯୋଗ
(Utilisation of Radiation)

ଶିଳ୍ପ କ୍ଷେତ୍ରରେ

(୧) ପ୍ରାକୃତିକ ତୈଳ ସନ୍ଧାନ ନିମିତ୍ତ--

ପ୍ରାକୃତିକ ତୈଳର ସନ୍ଧାନ ପାଇବା ଏକ କଠିନ ବ୍ୟାପାର । ଏଥି ନିମିତ୍ତ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଯନ୍ତ୍ରପାତି ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ଏହା ସହଜସାଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । ତୈଳ ସନ୍ଧାନ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରାକୃତିକ ଓ କୃତ୍ରିମ ଭୂକମ୍ପନ ଗୁଡ଼ିକ ଭୂକମ୍ପ ଲେଖ (Seismo Graph) ସାହାଯ୍ୟରେ ଅନୁଧ୍ୟାନ କରାଯାଏ । ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ତରର ପରିଚୟ ଏଥିରୁ ମିଳିଥାଏ । ଯଦି ତୈଳଯୁକ୍ତ ସ୍ତରର ଆଭାସ ମିଳେ, ତେବେ ମୃତ୍ତିକା ଭେଦ କରି ସେହି ସ୍ତର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନଳ ପ୍ରେରଣ କରାଯାଏ ଏବଂ ସେହି ସ୍ତରର ମୃତ୍ତିକା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଏ, ଭୂକମ୍ପନ ପରୀକ୍ଷା ତୈଳସ୍ତର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକ ନିର୍ଭର ଯୋଗ୍ୟ ପରୀକ୍ଷା ରୂପେ ପରିଗଣିତ ହୋଇ ଆସୁଥିଲା । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଦ୍ୱାରା ଏହା ଆହୁରି ସୁଗମ ହୋଇଛି ।

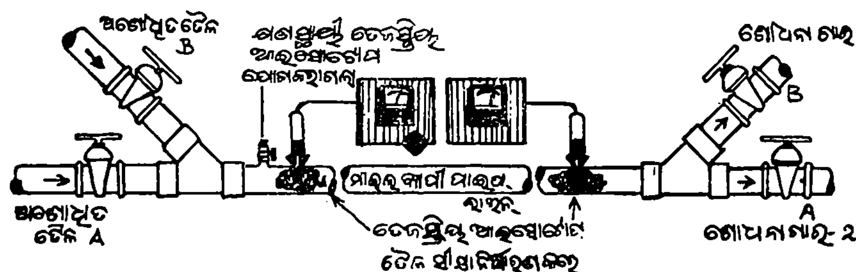
କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ମୃତ୍ତିକାସ୍ତର ବିଷୟରେ ଜାଣିବାକୁ ହେଲେ ଏକ ଗଭୀର ଗର୍ତ୍ତ କରାଯାଏ । ସେହି ଗର୍ତ୍ତ ଭିତରକୁ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ବିକିରଣ କରୁଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥ ଏକ ପାତ୍ରରେ ଏବଂ ଗାମା ରଶ୍ମି ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଯନ୍ତ୍ରଟିଏ ଅନ୍ୟ ପାତ୍ରରେ ରଖାଯାଏ । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥରୁ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ପ୍ରସ୍ତରରେ ଥିବା ବିଭିନ୍ନ ପରମାଣୁ ସହ ସଂଘର୍ଷ କରି

ଗାମାରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରସ୍ତରର ଗାମାରଶ୍ମି ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମତା ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିବାରୁ ଗାମା ରଶ୍ମି ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଯନ୍ତ୍ରରେ ନିର୍ଭୁଲ ଭାବେ ମୃତ୍ତିକା ସ୍ତର ଓ ତୈଳସ୍ତର ନିରୂପଣ କରିହୁଏ । ଜଳରେ ସୋଡ଼ିୟମ ଧାତୁ ପରମାଣୁ ସାଧାରଣତଃ ମିଶିଥାଏ । କିନ୍ତୁ ତୈଳରେ ଏହା ନ ଥାଏ, ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଧାତୁ ପରମାଣୁ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ସହ କ୍ରିୟା କରି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହୁଏ ଏବଂ ଯେ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ସୋଡ଼ିୟମ ପରମାଣୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ହୁଏ ସେ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଳସ୍ତରର ସ୍ଥିତି ବୃଝିବାକୁ ପଡ଼େ । ଯେତେବେଳେ ଏହି ପରମାଣୁ ହ୍ରାସ ବା ଲୋପ ପାଏ ସେତେବେଳେ ତୈଳସ୍ତରର ଅବସ୍ଥିତି ନିର୍ଭୁଲଭାବେ ଜାଣି ହୁଏ ।

(୭) ତୈଳ ନଳରେ ପ୍ରବାହ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ

(Flow Control in Oil Pipe Lines)—

ତୈଳ କୂପରୁ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ତୈଳ ନିଷ୍କାସନ ହେବା ପରେ ଶୋଧନାଗାରକୁ ପଠାଇବା ନିମିତ୍ତ ବିଭିନ୍ନ ନଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ, କିନ୍ତୁ ନଳ ବସାଇବା ବ୍ୟୟ ସାପେକ୍ଷ ହୋଇଥିବାରୁ ଗୋଟିଏ ନଳରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ତୈଳ ପଠାଇବା ବେଳେ ବେଳେ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ତୈଳ ଗୋଟିଏ ନଳ ମଧ୍ୟରେ ପଠାଯାଇ ପାରେ । ପ୍ରଥମ ତୈଳର ଶେଷ ଅଂଶ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ତୈଳର ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ Sb^{124} ଯୁକ୍ତ ତୈଳ ରଖାଯାଏ । ତୈଳବାହୀ ନଳ ଉପରେ ଗାଇଗର ରଶ୍ମି ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ମଧ୍ୟ ରଖାଯାଇଥାଏ । ପ୍ରଥମ ତୈଳର ପ୍ରବାହ ଶେଷ ହୋଇ ଆସିଲେ ରଶ୍ମି-ନିର୍ଦ୍ଦେଶକରେ ରଶ୍ମିର ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟ ତୈଳର ଆଗମନ ଜଣା ପଡ଼ିଥାଏ । ଏହି ରଶ୍ମି ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକୁ ଏପରି ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ଦିଏ ଯେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ତୈଳ ସେମାନଙ୍କ ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ



(ଚିତ୍ର ନଂ-45)

ଶୋଧନାଗାରକୁ ଚାଲିଯାଏ । ଫଳରେ ବିଭିନ୍ନ ତୈଳ ଗୋଟିଏ ନଳରେ ଆସିଲେ ମଧ୍ୟ ଶୋଧନ କ୍ରିୟାରେ କୌଣସି ବ୍ୟାଘାତ ଘଟେ ନାହିଁ । ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ଯନ୍ତ୍ର ଏପରି କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ଯେ ନୂତନ ତୈଳ ଆଗମନ ସଂକେତପାଇଁ ମଧ୍ୟ କର୍ମଚାରୀମାନଙ୍କୁ ବିଚଳିତ ହେବାକୁ ପଡ଼େ ନାହିଁ ।

ତୈଳ ଶିଳ୍ପରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ପ୍ରୟୋଗ—

ନୂତନ ନଳଗୁଡ଼ିକର କାନ୍ଥରେ କିଛି କାଳ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତୈଳ ପଠାଇବା ଦ୍ୱାରା ମଇଳା ବସିଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକୁ ପରିଷ୍କାର ନକଲେ ତୈଳ ପଠାଇବା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇଉଠେ, ସେଥିନିମିତ୍ତ ସ୍କ୍ରାପର (Scrapper) ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଦୁଇଟି ଶକ୍ତ ରବର ଓ୍ୱାସର, ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ସାଫ୍ଟ (Shaft) ନେଇ ଏହି ସ୍କ୍ରାପର ଗଠିତ । ନଳର ଏକ ପ୍ରାନ୍ତରୁ ବାୟୁ ସଂଙ୍କୋଚନ ଦ୍ୱାରା (Air Compression) ଏହି ସ୍କ୍ରାପରକୁ ଅନ୍ୟ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ପଠାଯାଏ । ଯଦି ଦୈବାତ୍ ଏହା ନଳ ମଧ୍ୟରେ ଅଟକି ଯାଏ ତେବେ ଏହାର ସଠିକ ଅବସ୍ଥିତି ଜାଣିବା ଓ ଏହାକୁ ବାହାର କରିବା କଠିନ ବ୍ୟାପାର ହୋଇପଡେ । ନିକଟ ଅତୀତରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହାର କରି ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ କରାଯାଇଛି । ସ୍କ୍ରାପର ସହ 50 ମିଲିକ୍ୟୁରି Co^{60} ଗୋଟିଏ ଆଲୁମିନିୟମ ପାତ୍ରରେ ରଖି ଦିଆଯାଏ । ଗାଇଗର ରଶ୍ମି ଗଣକ ନଳ ବାହାରୁ ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେଉଥିବା ଗାମାରଶ୍ମିକୁ ଗ୍ରହଣ କରି ନିର୍ଭୁଲଭାବେ ସ୍କ୍ରାପରର ଅବସ୍ଥିତି ଦର୍ଶାଇଥାଏ ।

୪ । ଲୌହ ଶିଳ୍ପରେ ପ୍ରୟୋଗ—

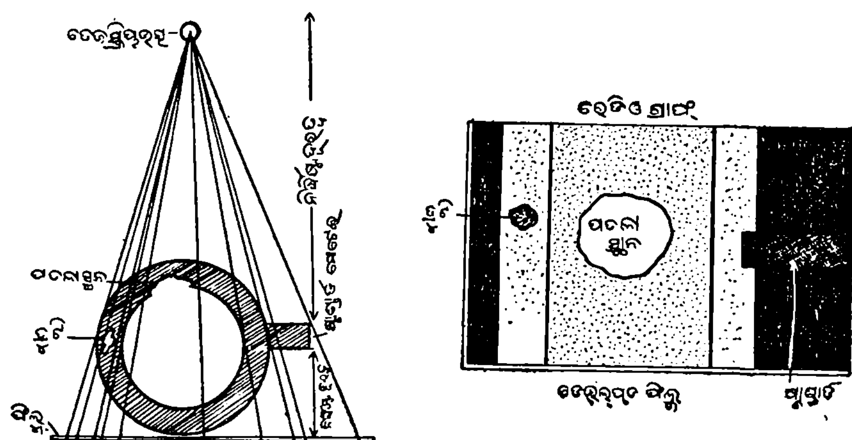
(ଖାଣ୍ଟି ଲୌହ ଉତ୍ପାଦନ)

Blast furnaceରେ ଲୌହ ପ୍ରସ୍ତର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ ସହ ମିଶି ନାନାପ୍ରକାର ଜଟିଳ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା କରି ଲୁହାରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଲୁହାରୁ ପରେ ଇସ୍ପାତ ମିଳେ । ଲୁହାରେ ଦୋଷତ୍ରୁଟି ଥିଲେ ଉତ୍ତମ ଇସ୍ପାତ ପାଇବା କଷ୍ଟକର ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ଚାଲିଥିଲାବେଳେ ଏଥିରୁ ଅବାଞ୍ଛନୀୟ ବସ୍ତୁ ଫସଫରସକୁ ଦୂର କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ପ୍ରଥମରୁ ଲୌହ ପ୍ରସ୍ତରରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଫସ୍‌ଫରସ ମିଶାଇ ଦିଆଯାଏ । Blast furnaceରୁ ବାହାରୁଥିବା ତରଳ ଧାତୁମଳ (Slag) ରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଫସଫରସ ବାହାରିଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ-ତାର ତୀବ୍ରତା ଗାଇଗର ରଶ୍ମି ଗଣକ ଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହିପରି ଇସ୍ପାତରୁ ଅବାଞ୍ଛିତ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ କେତେବେଳେ ଧାତୁମଳରୁ ଗଲା ଜାଣିହୁଏ ଏବଂ ଅତି ସହଜରେ

ଖାଣ୍ଟି ଲୁହା ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ଧରଣର ଲୁହାରେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଅନ୍ୟଧାତୁ ମିଶାଇ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଧରଣର ଇସ୍ପାତ ତିଆରି କରିବା ସହଜ ଓ ସ୍ୱଳ୍ପବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ । ପାଶ୍ଚାତ୍ୟ ଦେଶମାନଙ୍କର ଏହି ନୂତନପ୍ରଣାଳୀ ଅବଲମ୍ବନରେ ଲୁହା ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଉଛି ।

୫ । ତ୍ରୁଟି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ (Flaw Detection)

ଧାତୁ ଢାଳେଇ ଶେଷରେ ଢ଼ାଳେଇ ମଧ୍ୟରେ ଫଟା ବା ଫମ୍ପା ସ୍ଥାନ ରହିଲା କି ନାହିଁ ଜାଣିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ, କାରଣ ଢ଼ାଳେଇ ଲୁହାଟି ନିଖୁଣ ଭାବେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇ ନଥିଲେ ସେଥିରୁ ନିର୍ମିତ କଳର ଅଂଶବିଶେଷ କୌଣସି କାରଖାନାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଲେ ଅଳ୍ପ ସମୟରେ ଭାଙ୍ଗିଯିବାର ସମ୍ଭାବନା । ତେଣୁ ଢ଼ାଳେଇ ପରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଂଶ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଏ । ପୂର୍ବରୁ ପରୀକ୍ଷା ପାଇଁ ରଞ୍ଜେନ ରଶ୍ମି ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିଲା କିନ୍ତୁ ଆଜିକାଲି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ Co^{60} ବ୍ୟବହୃତ ହେଲାଣି ।



(ଚିତ୍ର—46)

Co^{60}ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ଗାମା ରଶ୍ମି 30 ସେ.ମି. ଲୁହା ଭେଦ କରିପାରେ । ଢ଼ାଳେଇ ଲୁହାକୁ ପରୀକ୍ଷା କରିବାନିମିତ୍ତ ଏକ ପାତ୍ରରେ Co^{60} ଆଇସୋଟୋପ୍ ଓ ତାହା ସମୁଖରେ ଢ଼ାଳେଇ ଲୁହା ରଖାଯାଏ । ଗାମା ରଶ୍ମି ଲୁହା ଭେଦକରି ଫଟୋଗ୍ରାଫିକ କାଗଜ ଉପରେ ପଡେ । ଢ଼ାଳେଇରେ ଫଟା ଫମ୍ପା ସ୍ଥାନ ଥିଲେ ଏହି ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତି ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଏହାର ଚିତ୍ର ଅଙ୍କି ହୋଇଯାଏ । ତ୍ରୁଟିଯୁକ୍ତ ସ୍ଥାନଟି କେତେ ଗଭୀରରେ ଅବସ୍ଥିତ

ଏଥିରୁ ତା'ହା ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରନ୍ତି । ଇଞ୍ଜିନର ବାଷ୍ପ ଟ୍ରକୋଷ୍ଠ, ବାଷ୍ପ ପରିବହନ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ବଡ ବଡ ନଳ, ପୋଲ ସକାଶେ ବଡ଼ ଲୁହାକଣ୍ଟା, ଜାହାଜର ପ୍ରଧାନ ଅଙ୍ଗ ପ୍ରଭୃତି ସକାଶେ ଯେଉଁ ଢ଼ଳେଇ କାମ ହୁଏ ତାହା ବିନା ପରୀକ୍ଷାରେ ଲୁହା କାରଖାନାରୁ ବାହାରକୁ ପଠାଯାଏ ନାହିଁ ।

୬ । ମୋଟେଇ ମାପ (Measuring Thickness)

ଲୁହା କାରଖାନାରେ ପତଳା ଚଦର ପ୍ରସ୍ତୁତ ନିମିତ୍ତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ପୂର୍ବରୁ ଚଦରର ମୋଟେଇ ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ କଳ ବନ୍ଦ କରି ମାଇକ୍ରୋମିଟର ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ ହେଉଥିଲା । ଏହାଦ୍ୱାରା ନିରବଚ୍ଛିନ୍ନଭାବେ ଲୁହାଚଦର ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇପାରୁ ନଥିଲା । କିନ୍ତୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପରମାଣୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ମୋଟେଇ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଯନ୍ତ୍ର ମନକୁ ମନ ଲୁହା ଚଦର ମୋଟେଇ ଲକ୍ଷ୍ୟକରି ଚାଲିଥାଏ । କୌଣସି କାରଣରୁ ଯଦି ଚଦର ମୋଟେଇ କମ ବା ବେଶି ହୋଇଯାଏ ତେବେ ସେ ଯନ୍ତ୍ର ସେତିକି ଚଦର କାଟି ବାହାର କରି ପୂର୍ବ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ଚଦର ପ୍ରସ୍ତୁତ କରେ । ଏହି କଳରେ ବ୍ୟବହୃତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପରୁ β କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । β କଣିକା ଅଳ୍ପ ମୋଟେଇ ଚଦର ଭେଦ କରିପାରେ । ଯଦି ଚଦର ମୋଟେଇ ଅଧିକ ହୁଏ ତେବେ β କଣିକା ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଖୁବ୍ କମ ଯାଇଥାଏ । ଏହି ମତ ଉପରେ ଯନ୍ତ୍ରଟି ତିଆରି । ଲୁହା ଚଦର ପ୍ରସ୍ତୁତ କରୁଥିବା କଳରେ ଚଦର ଉପର ପାଖରେ ଓ ଅତି ନିକଟରେ ଗୋଟିଏ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ରାଶି ରଖାଯାଏ ଯେଉଁଥିରୁ β କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୁଏ । ଲୁହା ପାତ ଭେଦ କରି କେଉଁ ପରିମାଣର ରଶ୍ମି ତଳକୁ ଯାଉଛି ତାହା ପାତ ତଳେ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଜଣାପଡ଼େ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ପୂର୍ବ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ପରିମାଣର β କଣିକା ନ ପାଇଲେ ମନକୁ ମନ ଅନ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ର ଚଳାଇ ଲୁହାପାତର ମୋଟେଇକୁ ଏପରି ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରେ ଯେପରି କ୍ଷଣିକ ମଧ୍ୟରେ ପୂର୍ବ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ମୋଟେଇର ଚଦର ତିଆରି ହୁଏ ।

କାଗଜଫର୍ଦ୍ଦ, ସିଲୋଫେନ, ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ ଓ ରବର ପ୍ରଭୃତିର ମୋଟେଇ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ ନିମିତ୍ତ ମଧ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି ।

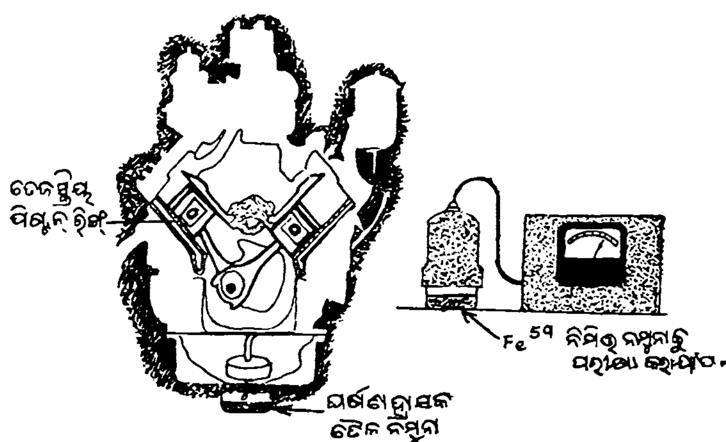
୭ । ଚୁଲ୍ଲୀ କାନ୍ଥର କ୍ଷୟ ନିରୂପଣ (Wear Infurnace Walls)

ବ୍ଲାଷ୍ଟ ଫରନେସ୍ ଭିତରେ ରିଫ୍ରାକ୍ଟାରୀ ଇଟା 2-3 ଫୁଟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଦିଆଯାଇଥାଏ । କିଛି ବର୍ଷ ବ୍ୟବହାର ପରେ ଏଗୁଡ଼ିକୁ ବଦଳାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇପଡ଼େ କେତେବେଳେ

ବଦଳାଇବା ଦରକାର ତାହା ପୂର୍ବରୁ ସଠିକ ଭାବେ ଜାଣି ହୋଇ ପାରୁଥିନଥିଲା । ଇହା ନଷ୍ଟ ହୋଇ ଲୁହା ତରଳା ପୂରାପୂରି ବନ୍ଦ ହେବା ପରେ ଏହାକୁ ବଦଳାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ବୋଲି ଜଣା ପଡୁଥିଲା । ବର୍ତ୍ତମାନ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ Co^{60} ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହାର ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ସୁରୁଖୁରୁରେ ହୋଇପାରୁଛି ଏବଂ ଲୁହାଚୁଲ୍ଲୀ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବନ୍ଦ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆଉ ଅପେକ୍ଷା କରିବାକୁ ପଡୁନି । 1 ମିଲିକ୍ୟୁରି Co^{60} ଇହା ମଧ୍ୟରେ ପୂର୍ବ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ଗଭୀରତାରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଇହାର କିଛି କ୍ଷୟ ଅଂଶ ଧାତୁ ମଳ ସହିତ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବାହାରେ । ଯେତେବେଳେ ଏହି ଗଭୀରତାରେ ଇହା କ୍ଷୟ ହେବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ସେତେ-ବେଳେ ଧାତୁମଳରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କଣିକାର ଉପସ୍ଥିତି ଗାଇଗର-ମୁଲର ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଜଣାପଡେ । ଧାତୁମଳ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହେଲେ ଇହାକୁ ବଦଳାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ସଠିକ ଭାବେ ବଦଳାଇବା କାର୍ଯ୍ୟ କରିହୁଏ ।

୮ । ଘର୍ଷଣ ଅନୁଧ୍ୟାନ

(Friction Study-Piston ring wear Study)



(ଚିତ୍ର ନଂ 47)

କଳକାରଖାନାରେ କେଉଁ କଳକବଜା କେଉଁ ପରିମାଣରେ କ୍ଷୟପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି । ସିଲିଣ୍ଡର ଓ ପିଷ୍ଟନ ତିଆରି ବେଳେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ମିଶାଯାଇଥାଏ । ଇଂଜିନର

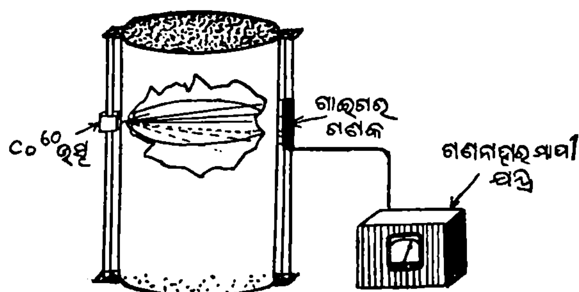
ପିଷ୍ଟନକୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍‌ଟରକୁ ଦେଖାଇବା ଦ୍ୱାରା ଏହା ନିଉଟ୍ରନ ଗ୍ରହଣ କରି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହୋଇଥାଏ । ଇଞ୍ଜିନରେ ଘର୍ଷଣହ୍ରାସକ ତେଲ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଘର୍ଷଣଦ୍ୱାରା ପିଷ୍ଟନର କିଛି କ୍ଷୟ ଅଂଶ ଏହି ତେଲରେ ମିଶେ ଏବଂ ତେଲ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହୁଏ । ଏହାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ପରୀକ୍ଷାରୁ କେତେ ଅଂଶ କ୍ଷୟ ହେଉଛି ଜଣାପଡ଼େ । Fe^{59} ଆଇସୋଟୋପ୍ ଏଥିରେ ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ ।

ଏହି ପ୍ରକାର ପରୀକ୍ଷା କ୍ଷୟ ନିରୋଧକାରୀ ଇସ୍ପାତ ତିଆରି ନିମିତ୍ତ ବିଶେଷ ଉପଯୋଗୀ ।

ଜୋତା କାରଖାନା, ମଟରଟାୟାର ତିଆରି କାରଖାନାରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ପ୍ରଣାଳୀରେ ଜୋତାର କ୍ଷୟ ଓ ଟାୟାରର କ୍ଷୟ ମପାଯାଉଛି ଏବଂ ନୂତନ ପ୍ରକାର ରାସାୟନିକ ଦ୍ରବ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରି କ୍ଷୟରୋଧକାରୀ ଜୋତା ଓ ଟାୟାର୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇପାରୁଛି । ଯେଉଁପରି ମଟର ତେଲ ସହ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ କାର୍‌ବନ୍‌-ଆଇସୋଟୋପ ବ୍ୟବହାର କରି ଇଞ୍ଜିନ୍ ଭିତରେ ତେଲ କିପରି ଦଗ୍ଧ ହୁଏ ଏବଂ ଦଗ୍ଧ ହେଲାପରେ କେଉଁ ଗ୍ୟାସ୍ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ଏହିଗ୍ୟାସ ଇଞ୍ଜିନ୍‌ର କେଉଁ ଅଂଶକୁ କିପରି ଭାବରେ କ୍ଷୟିତ କରନ୍ତି ତାହା ଅତି ସ୍ପଷ୍ଟ ଭାବରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେଉଛି । ଏହା ଫଳରେ ନୂତନ ଧରଣର ମଟର ତେଲ ମଧ୍ୟ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରୁଛି ।

୯ । ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସ୍ତର ସୂଚକ (Liquid Level Indicator)

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ Co^{60}ର ବ୍ୟବହାର ମଧ୍ୟ ଏଥିରେ ଦେଖାଯାଏ । ଟାଙ୍କିର ଗୋଟିଏ ପାଖରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପର ପାତ୍ର ଥାଏ ଏବଂ ଠିକ୍ ଅପର

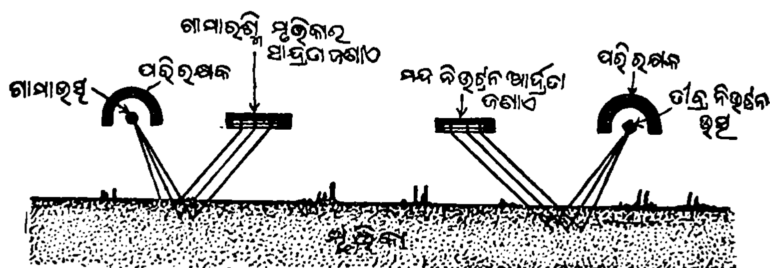


(ଚିତ୍ର ନଂ 48)

ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଓ ସମଉଚ୍ଚତାରେ ଗାଇଗାର ମୂଲର ଗଣନକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ରଖାଯାଇଥାଏ । ଟାଙ୍କିରେ ତରଳପଦାର୍ଥ ପୂର୍ଣ୍ଣହେବା ପୂର୍ବରୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ରଶ୍ମି ଗୁଡ଼ିକ ଅବାଧରେ ଗତିକରି ଗଣକ-ଯନ୍ତ୍ରରେ ପଡ଼େ ଏବଂ ସେଥିରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଶଲେ ଜ୍ୱଳିତ ହୋଇ ନାଲିବତୀ ଜଳେ, କିନ୍ତୁ ତରଳପଦାର୍ଥ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଗଲେ ରଶ୍ମିଗୁଡ଼ିକ ତରଳପଦାର୍ଥ ଭେଦକରି ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ନିକଟକୁ ଯାଇପାରନ୍ତି ନାହିଁ, ତେଣୁ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ନହେବାରୁ ନାଲି ବତୀଟି ଲିଭିଯାଏ । ତେଣୁ ଉପସ୍ଥିତ କର୍ମଚାରୀମାନେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଢାଳିବା ବନ୍ଦ କରିଦିଅନ୍ତି, କିନ୍ତୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସ ଓ ଗଣନକାରୀଯନ୍ତ୍ର ଏକ ସମୟରେ ଉପରକୁ ଉଠିଯାଉଛନ୍ତି । ତେଣୁ ଗଣନାର ତାରତମ୍ୟରୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଉପର ସ୍ତର ଜଣାପଡ଼ିଥାଏ ।

ରାସ୍ତା ନିର୍ମାଣ-(ମୃତ୍ତିକାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଓ ଆର୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ)
(Road Building-to find density and moisture in soils)

ପ୍ରତିଫଳନ ନିୟମାନୁସାରେ ଏହି ମାପଯନ୍ତ୍ର ନିର୍ମିତ, Co^{60} ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଗାମାଉତ୍ସରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ସ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏକ ପରିରକ୍ଷକ ଥାଏ । ଗାଇଗର-ମୂଲର ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ଅପରପାଖେ ଥାଏ । ଏହି ଉତ୍ସରୁ ଗାମାରଶ୍ମି ମୃତ୍ତିକାରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ଏହି ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରରେ ପଡ଼େ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 42)

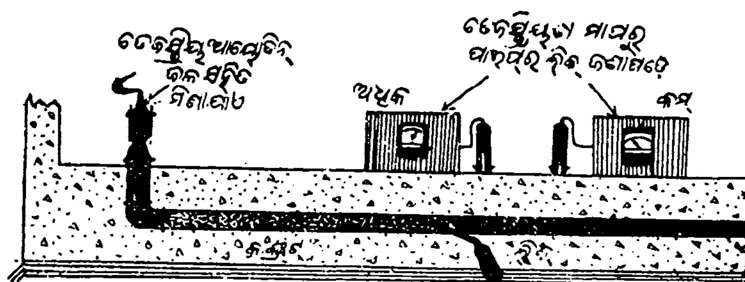
ଏହି ପ୍ରତିଫଳିତ ରଶ୍ମିର ପରୀକ୍ଷାରୁ ମୃତ୍ତିକାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଜଣାପଡ଼େ । ମୃତ୍ତିକାର ଆର୍ଦ୍ରତା ପରିମାଣ ଜାଣିବା ନିମନ୍ତେ Co^{60} ବଦଳରେ ଅନ୍ୟ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଅନ୍ତି । ପୋଲୋନିୟମ୍-ବେରିଲିୟମ୍ ବା ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍-ବେରିଲିୟମ୍

ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ସ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି । ଉଭୟ ପୋଲୋନିୟମ୍ ଓ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍-α କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାନ୍ତି । ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଆର୍ଦ୍ରତାରେ ଥିବା ଉଦ୍‌ଜାନ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକୀର୍ଣ୍ଣିତ (Scattered) ହୋଇ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଯାଇଥାନ୍ତି । ଏହି ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଥିବା ସିଲ୍‌ଭର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗ୍ରହଣ କରି ଦ୍ୱିତୀୟକ ଅଭିକ୍ରିୟା କରିବା ଦ୍ୱାରା ଗଣନା ସହଜସାଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । ଦୁଇପ୍ରକାର ସିଲ୍‌ଭର ଆଇସୋଟୋପ୍ $_{47}Ag^{107}$ ଓ $_{47}Ag^{109}$ ମଧ୍ୟରୁ $_{47}Ag^{109}$ର ପ୍ରାଧାନ୍ୟ ବେଶୀ ।

ଏହି ଆର୍ଦ୍ରତା ଓ ସାନ୍ଦ୍ରତା ମାପକ ଯନ୍ତ୍ର ରାସ୍ତାନିର୍ମାଣ ହେଉଥିବା ସ୍ଥାନକୁ ନିଆଯାଇପାରୁ ଥିବାରୁ ଏହା ସୁବିଧାଜନକ । ଏଥି ପୂର୍ବରୁ ମୃତ୍ତିକା ନମୁନା ପରୀକ୍ଷାଗାରକୁ ନିଆଯାଇ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଥିଲା ।

(11) ଭୂଗର୍ଭର ଛିଦ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ
(Detection of Underground Leaks)

କୋଠାବାଡ଼ି ଓ ଭୂମିତଳେ ନଳ ସାହାଯ୍ୟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଦୋଯାଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ବେଳେ ବେଳେ ଏଥିରେ ଲିକ୍ ଦେଖାଦେଇଥାଏ । ଏହି ଲିକ୍ କେଉଁଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ ତାହା ଜାଣିବା ଅତୀବ କଷ୍ଟକର । କିନ୍ତୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇଓଡିନ୍ –131 ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା ଏହା ଅତି ସହଜରେ ହୋଇପାରେ । I^{131}କୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ସହ ମିଶାଇ ଦିଆଯାଏ, ଏବଂ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ନଳ ମଧ୍ୟରେ ଯିବା ସମୟରେ ଏହି I^{131}ର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବିକିରଣ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ କରାଯାଇଥାଏ । ଯେତେବେଳେ ଏହାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତାର ତୀବ୍ରତା ହଠାତ୍ ହ୍ରାସପାଏ ସେତେବେଳେ ଲିକ୍‌ର ସଠିକ୍ ସ୍ଥାନ ଜଣାପଡ଼େ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଖୁବ୍ କମ ପରିଶ୍ରମରେ ମରାମତି ହୋଇପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 50)

(12) ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକର ସକ୍ରିୟଣ
(Activation of Chemical Reactions)

ରସାୟନ ଶାସ୍ତ୍ରର ବିଭିନ୍ନ ଶାଖା ମଧ୍ୟରୁ ବିକିରଣ ରସାୟନ ଶାସ୍ତ୍ର ଏକ ଶାଖା ଅଟେ । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ପଲିମେରାଇଜେସନ୍, ହାଲୋଜେନେସନ୍, ଓ ଅକ୍ସିଡେସନ୍ ପଦ୍ଧତି ଗୁଡ଼ିକର ବହୁ ଉନ୍ନତି ସାଧିତ ହୋଇପାରିଛି ।

ପଲିମେରାଇଜେସନ୍ ଏପରି ଏକ ରାସାୟନିକ ଅଭିକ୍ରିୟା ଯହିଁରେ ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ସମଜାତୀୟ ଅଣୁ ଏକତ୍ର ହୋଇ ଏକ ବିରାଟ ଅଣୁ ଗଢ଼ିଥାନ୍ତି । ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ ଓ ସିନ୍ଥେଟିକ୍ ରବର ଏହି ବହୁଳୀକରଣ (Polymerisation) ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ଅତି ଉଚ୍ଚ ତାପ ଓ ଚାପରେ ଏହା ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୁଏ । ପଲିଥିନ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତି ନିମିତ୍ତ କେତେ ଶହ ଡିଗ୍ରୀ ତାପ ଓ ହଜାର ହଜାର ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ପରୀକ୍ଷାରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ଅଳ୍ପ ତାପ ଓ ଚାପରେ ହୋଇପାରିବ । ପଲିଥିନ୍ 200°c ତାପ ଓ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଚାପରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେଉଛି, ତେଣୁ ଏହା ଅତି ସହଜରେ ହୋଇପାରୁଛି । ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ନୂତନ ଧର୍ମ ଥାଇ ନୂତନ ବସ୍ତୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେବା କିଛି ଅସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

ଆଉ ଏକ ପଦ୍ଧତି ହେଉଛି ହାଲୋଜେନେସନ୍—ରାସାୟନିକ ବସ୍ତୁ ସହ ଫ୍ଲୋରିନ୍ କ୍ଲୋରିନ୍, ବ୍ରୋମିନ୍ ଓ ଆଇଓଡିନ୍‌ର ମିଶ୍ରଣ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ଅନ୍ଧାରରେ ଖୁବ୍ ଧୀରେ ଭାବେ ଏବଂ ଆଲୋକରେ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ରଶୀଘ୍ର ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଅଲ୍‌ଟ୍ରାଭାଇଓଲେଟ୍ ରଶ୍ମି ପ୍ରକ୍ରିୟାକୁ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ କରିବାକୁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଗାମା ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା କାରଣ ପ୍ରକ୍ରିୟା ମଧ୍ୟ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୋଇଥାଏ ।

କୃଷି

କୌଣସି ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥର ଗତିବିଧି ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ତାହାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ଚଳପଥ ଅନୁସରଣ କରାଯାଏ । ଏହିପରି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍‌କୁ ଟ୍ରେସର (Tracer) କୁହାଯାଏ । କୃଷି ବିଜ୍ଞାନରେ ଏହି ଟ୍ରେସର୍ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ ଶସ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନ, ସାର ବ୍ୟବହାର, ମୃତ୍ତିକାର ବିନିଯୋଗ ଓ ଶସ୍ୟ ସଂରକ୍ଷଣ ଲାଗି ଔଷଧ ବ୍ୟବହାରରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଉନ୍ନତି କରାଯାଇପାରିଛି ।

ରାସାୟନିକ ସାରବ୍ୟବହାର—

ସାର ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପାଦନ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରୟୋଗ ସାରର ସର୍ବୋତ୍କୃଷ୍ଟ ଉପଯୋଗ ଲାଗି କେଉଁ ଫସଲରେ କେତେ ପରିମାଣରେ, ଫସଲର କେଉଁ ଅବସ୍ଥାରେ ଏବଂ କେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯିବ ତାହା ଅତି ଗୁରୁତର ସମସ୍ୟା । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ପ୍ରୟୋଗ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ସମସ୍ୟା ଗୁଡ଼ିକର ସମାଧାନ କରାଯାଇପାରୁଛି ।

ଧାନ ଫସଲର ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଅମଳ ଦାମୀ ଲାଗି ଏକର ପ୍ରତି 40 ପାଉଣ୍ଡ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଏହି ଯବକ୍ଷାରଜାନ କେଉଁ ସମୟରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯିବ ତାହାର ଗୁରୁତ୍ୱ ଅଧିକ । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ ଏହି ସମୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଇପାରୁଛି । ଆମୋନିୟମ୍ ସଲଫେଟ୍ ସହିତ ଶତକଡ଼ା 5·67 N^{15} ଆଇସୋଟୋପ୍ ମିଶାଯାଇ ଧାନଫସଲ କିଆରୀରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥିଲା । ମାସ ସ୍ପେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର ଦ୍ୱାରା ଧାନଗଛରେ ଏହି ଆଇସୋଟୋପ୍ ବିଭିନ୍ନ ସମୟରେ ଧାନଗଛର ବିଭିନ୍ନ ଅଙ୍ଗରେ କେତେ ପରିମାଣରେ ରହୁଛି, ତାହାର ପରିମାଣ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଗଲା । ଏହି ପରୀକ୍ଷାରୁ ସ୍ଥିର କରାଗଲା ଯେ ଧାନ ରୋପିବା ପୂର୍ବରୁ ଜମି ପ୍ରସ୍ତୁତ ବେଳେ ଏକ ଅର୍ଦ୍ଧାଂଶ ଓ ଧାନ ଥୋଡ଼ ହେବାର ଠିକ୍ ପୂର୍ବରୁ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅର୍ଦ୍ଧାଂଶ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ଧାନଗଛ ଯବକ୍ଷାରଜାନକୁ ଉପଯୁକ୍ତଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ କରିପାରେ ।

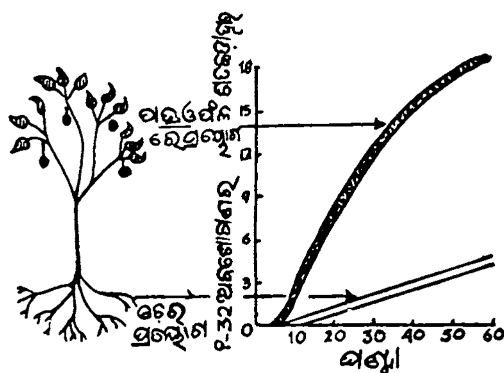
ଫସଫରସ୍ (P^{32})—

ଫସଲ ଉତ୍ପାଦନ ନିମନ୍ତେ ଫସଫରସ୍ ଅତି ଆବଶ୍ୟକ । ଫସଫରସ୍ ଅଭାବରେ ଫସଲରେ ଭଲ ଚେର ମାଡ଼ିପାରେ ନାହିଁ । ଫଳଗଛ ଫଳ ଧରେ ନାହିଁ । କେତେକ ମୃତ୍ତିକାରେ ଫସଫରସ ଅଭାବ ଥାଏ, ମାତ୍ର ଫସଫରସ୍ ଯୁକ୍ତ ସାର ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ମଧ୍ୟ ଗଛ ସାରକୁ ବ୍ୟବହାର କରିପାରେ ନାହିଁ । ବିଭିନ୍ନପ୍ରକାର ଫସଲ ବିଭିନ୍ନ ପରିମାଣରେ ଓ ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ଫସଫରସ୍ ଦରକାର କରିଥାନ୍ତି । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ P^{32} ପ୍ରୟୋଗ କରିହୋଇ ଏହାର ସମାଧାନ କରାଯାଇ ପାରୁଛି । ଗାଇଗର୍ ମୁଲର ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ଦ୍ୱାରା ସେହି ଗଛର ଅଙ୍ଗରେ ଏହି ଫସଫରସ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ର ଗତି ସ୍ଥିର କରାଯାଇ ପାରୁଛି ଏବଂ ଗଛ କେଉଁ କାରଣ ହେତୁ ଫସଫରସ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ନ ପାରୁଛି ତାହା ସହଜରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଇପାରୁଛି ।

ମୃତ୍ତିକାକୁ ସାଧାରଣତଃ ଦୁଇଟି ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଇ ପାରେ । ଅମ୍ଳଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଓ କ୍ଷାରଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ । ଅମ୍ଳ ଓ କ୍ଷାରଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ମୃତ୍ତିକାରେ ଏକ ପ୍ରକାର ସାର ପ୍ରୟୋଗ ଆଶାନୁରୂପ ଫଳ ଦିଏନାହିଁ । ଅମ୍ଳ ଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ମୃତ୍ତିକାରେ ମ୍ୟାଗନେସିୟମ୍ ଫସ୍‌ଫେଟ୍ ଶ୍ରେଣୀସ୍ଥ ସାର ଅତି ଭଲ ଉପକାର କରିଥାଏ । ସୁପର ଫସ୍‌ଫେଟ ସାର ସହିତ ଚୂନ ପ୍ରୟୋଗ ଫସ୍‌ଫରସ୍ ସାରର ବ୍ୟବହାରରେ ଅଧିକ କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ଦେଖାଇଥାଏ । ଛୁଇଁ ଜାତୀୟ ଫସଲ ଓ କ୍ଷୁଦ୍ର ଶସ୍ୟ ଜାତୀୟ ଫସଲ ବିଭିନ୍ନ ଅନୁପାତରେ ଫସ୍‌ଫରସ ସାର ବ୍ୟବହାର କରିଥାନ୍ତି । ଅମ୍ଳଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ମୃତ୍ତିକାରେ କ୍ଷାର ଗୁଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଫସ୍‌ଫରସ୍ ସାର ପ୍ରୟୋଗ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ଫଳ ଦେଇଥାଏ ।

ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ପ୍ରୟୋଗ ବଳରେ ଗଛ ଚେର, ମୃତ୍ତିକାରୁ କିପରି ଭାବରେ ଖାଦ୍ୟ ସଂଗ୍ରହ କରି ମୃତ୍ତିକାର କେତେ ତଳକୁ ଚେର ପଠାଇପାରିବ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗଛ କେତେ ଘନ ପରିମାଣର ମୃତ୍ତିକା ବ୍ୟବହାର କରିପାରନ୍ତି, ତାହା ସ୍ଥିର କରାଯାଇ ପାରୁଛି । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ୍ ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ ଗଛ, ପତ୍ର କାଣ୍ଡ ଓ ଫଳ ଏବଂ ଫୁଲ ଧରିବାର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାରେ ପ୍ରୟୋଗ ପନ୍ଥା ସ୍ଥିର କରାଯାଇ ପାରୁଛି ।

କେତେକ ଗଛରେ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ପତ୍ର ଓ ଫଳ ଦ୍ୱାରା 95 % ସାର ଗୃହୀତ ହୋଇଥାଏ ଓ ଆଉ କେତେକ ଗଛରେ ଚେର ଦ୍ୱାରା ଖୁବ କମ୍ ସାର ଗୃହୀତ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ—51)

ଅଙ୍ଗାର ଆତ୍ମୀକରଣ—(Photosynthesis)

ସବୁଜ ପତ୍ରଦ୍ୱାରା ସୂର୍ଯ୍ୟାଲୋକରେ ଜଳ ଓ ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ବାଷ୍ପରୁ ଶ୍ୱେତସାର ଖାଦ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରକ୍ରିୟାକୁ ଅଙ୍ଗାର ଆତ୍ମୀକରଣ କୁହାଯାଏ । ସବୁଜ ଉଦ୍ଭିଦ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ

କୌଣସି ଉଦ୍ଭିଦ ବା ଗ୍ରେଷ୍ଠଠାରୁ ବଡ଼ କୌଣସି ପ୍ରାଣୀର ଏପରି ସାଧାରଣ ଦୁଇଟି ଅଜୈବ ପଦାର୍ଥ ଯଥା—ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ ଓ ଜଳରୁ ଉପାଦେୟ ଅତି ଜଟିଳ ଶ୍ୱେତସାର ଖାଦ୍ୟ ତିଆରି କରିବାର ଶକ୍ତି ନାହିଁ । ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ ଓ ଜଳ ସବୁଜ ଉଦ୍ଭିଦ ଶରୀର ଭିତରକୁ ଯାଇ କେଉଁ କେଉଁ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଯୋଗୁଁ ସର୍ବଶେଷରେ ଶ୍ୱେତସାର ଜାତୀୟ ଖାଦ୍ୟରେ ପରିଣତ ହେଉଛନ୍ତି, ତାହାର ରହସ୍ୟ ଆଜି ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଜଣା ପଡ଼ିନାହିଁ ।

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ C^{14}, $C^{14}O_2$ ରୂପରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବାଦ୍ୱାରା ଏହି ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ରହସ୍ୟ ଜଣାପଡ଼ୁଛି । ପୂର୍ବରୁ ଅନେକ ବୈଜ୍ଞାନିକଙ୍କର ଧାରଣା ଥିଲା ଯେ ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ ଓ ଜଳର ରାସାୟନିକ ସଂଯୋଗ ଘଟି ଶ୍ୱେତସାର ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଯେଉଁ ଅମ୍ଳଜାନ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଛି, ତାହା ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଗ୍ୟାସ ଅଣୁରୁ ଆସୁଛି । କିନ୍ତୁ ଯୁକ୍ତରାଷ୍ଟ୍ର ଆମେରିକାର କେତେଜଣ ପ୍ରସିଦ୍ଧ ଗବେଷଣାକାରୀ ଏହି ଅଙ୍ଗାର ଆତ୍ମୀକରଣ ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଅମ୍ଳଜାନ—18 (O^{18}) ବ୍ୟବହାର କରି ପ୍ରମାଣ କରିଛନ୍ତି ଯେ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ଯେଉଁ ଅମ୍ଳଜାନ ବାହାରୁଛି, ତାହା ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳଜାନ ଅଣୁରୁ ନ ଆସି ଜଳର ଅଣୁରୁ ଆସିଛି ।

$$6 \text{ ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ଅଣୁ} + 12 \text{ଜଳ ଅଣୁ} \xrightarrow[\text{ସବୁଜକଣିକା}]{\text{ସୌର ଶକ୍ତି}} \text{ଗୋଟିଏ ଦ୍ରାକ୍ଷାଶର୍କରା} + 6 \text{ ଜଳଅଣୁ} + 6 \text{ ଅମ୍ଳଜାନ ଅଣୁ}$$

ଇଂରେଜୀ ବୈଜ୍ଞାନିକ ହିଲ, ଅମ୍ଳଜାନ-18 ଥିବା ଅଙ୍ଗାରକାମ୍ଳ ବ୍ୟବହାର କରି କେବଳ ଜଳରେ ସବୁଜ କଣିକା ରଖି ଆଲୋକ ସାହାଯ୍ୟରେ ସେଥିରୁ ସାଧାରଣ ଅମ୍ଳଜାନ ଉଦ୍‌ଗୀରଣ ହେବାର ପ୍ରମାଣ କରିଛନ୍ତି ।

N^{15} ଆଇସୋଟୋପ୍‌ର ବ୍ୟବହାର—

ଦୁଇଜଣ ମାର୍କିନ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବଳିତ ବାଇଗଣ ଗଛକୁ N^{15} ଆଇସୋଟୋପ୍ ଥିବା ଆମୋନିଆ ସଲଫେଟ୍ ଦେଇ ପ୍ରମାଣ କରିଛନ୍ତି ଯେ ଯବକ୍ଷାରଜାନ 12 ଘଣ୍ଟା ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ଲୁଟାମିକ ଅମ୍ଳରେ ପରିଣତ ହେଉଛି । ଗ୍ଲୁଟାମିକ ଅମ୍ଳ ଉଦ୍ଭିଦର ଏକ ପ୍ରଧାନ ଆମିନୋଅମ୍ଳ । ଏହି ଆମିନୋଅମ୍ଳରୁ କିପରି ବିଭିନ୍ନ ପୁଷ୍ଟିସାର ତିଆରି ହେଉଛି ସେ ସମ୍ପର୍କରେ ଗବେଷଣା ଚାଲିଛି ।

ବନବିଜ୍ଞାନ—ବନ ବିଜ୍ଞାନରେ ମଧ୍ୟ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ର ବ୍ୟବହାର କରା-ଯାଉଛି । ରବର ଗଛରେ ଯେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀରେ ରବର କ୍ଷୀର ପ୍ରସ୍ତୁତ ହେଉଛି ଏବଂ ଯେଉଁ

ଉପାୟ ଅବଲମ୍ବନ କଲେ ରବର ନିଃସରଣ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରିବ, ତାହା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଛି । ଅଠା, ଲାଖ, ଝୁଣା, ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ କେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀରେ ନିଃସୃତ ହେଉଛି ତାହାର ତଥ୍ୟ ମଧ୍ୟ ଏହି ଆଇସୋଟୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଉଛି । କାଠ ହଣାହେବା ପରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଛତୁ ଓ କୀଟ ଲାଗି କାଠକୁ ଶୀଘ୍ର ନଷ୍ଟ କରିଥାନ୍ତି । କେଉଁ ପ୍ରକାର ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ କେତେ ପରିମାଣରେ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ କାଠ ବହୁଦିନ ଧରି ରହିବ ତାହା ଆଇସୋଟୋପ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇ ପାରୁଛି ।

ଆଇସୋଟୋପ ଓ ନଦୀବନ୍ଧ ଯୋଜନା :—

ଇଂଲଣ୍ଡରେ କେଉଁ ଋତୁରେ କେତେ ପରିମାଣର ପଟୁ ଭାସି ଆସି ଟେମସ୍ ନଦୀ ଶଯ୍ୟାକୁ ଅଗଭୀର କରିପକାଉଛି ତାହା ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର କରାଯାଇ ପାରୁଛି । ଭବିଷ୍ୟତର ନଦୀବନ୍ଧ ଓ ନଦୀଉପତ୍ୟକାର ବିକାଶ ଏହା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିବ । ଅଧିକ ଖାଦ୍ୟଶସ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ, ନଦୀର ଜଳ କେଉଁ ଋତୁରେ ଫସଲ ପ୍ରତି ଅଧିକ ଉପକାରୀ ତାହା ଏହି ଆଇସୋଟୋପ ଦ୍ୱାରା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଛି । ଭୂମିର କେତେ ନିମ୍ନରେ ଜଳସ୍ତର ଅଛି ଓ କେଉଁ ପରିମାଣର ଜଳସ୍ରୋତ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ତାହା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଟ୍ରେସର ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଉଛି । ଫଳରେ ମରୁଭୂମିର ଭୂଗର୍ଭରୁ ଜଳ ଆଣି ଜଳସେଚନ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

C^{14}—ଆଇସୋଟୋପ :—

ଗାଈ ଶରୀରରେ ଖାଦ୍ୟ କିପରି ଜୀର୍ଣ୍ଣ ହୋଇ ଦୁଧରେ ପରିଣତ ହେଉଛି ତାହା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ହେଉଛି । 1 ମିଲିଗ୍ରାମ C^{14} ଗାଈ ଦେହରେ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଇ ଏହାର ଗତିପଥ ଓ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ମାପ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ଗାଈକୁ କି ପ୍ରକାର ଖାଦ୍ୟ କେତେ ପରିମାଣରେ ଦିଆଯାଇ ତାର ଦୁଧ ଦେବା ଶକ୍ତି ବଢାଯାଇ ପାରିବ ତାହା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇପାରିବ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଗାଈ, ମେଣ୍ଢା, କୁକୁଡ଼ାଙ୍କ ଶରୀରରେ ହେଉଥିବା ବିଭିନ୍ନ ରୋଗର ନିଦାନ ମଧ୍ୟ ଜଣାଯାଉଛି ।

ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଜୀବାଣୁ ନାଶନ
(Sterilisation of Food)

ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀରେ ଜୀବାଣୁ ଥିବାରୁ ଫରମେଣ୍ଟେସନ ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ଏହା କ୍ଷତିଗ୍ରସ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଜୀବାଣୁ ନାଶନ (ସୂକ୍ଷ୍ମ ଜୀବମାନଙ୍କର ନାଶ) ତଥା ପାସ୍ତୁରୀକରଣ

ଉପାୟ ଅବଲମ୍ବନ କଲେ ଟେବର ନିଃସରଣ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରିବ, ତାହା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଛି । ଅଠା, ଲାଖ, ଝୁଣା, ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ କେଉଁ ପ୍ରଣାଳୀରେ ନିଃସୃତ ହେଉଛି ତାହାର ତଥ୍ୟ ମଧ୍ୟ ଏହି ଆଇସୋଟୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥିର କରାଯାଉଛି । କାଠ ହଣାହେବା ପରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଛତୁ ଓ କୀଟ ଲାଗି କାଠକୁ ଶୀଘ୍ର ନଷ୍ଟ କରିଥାନ୍ତି । କେଉଁ ପ୍ରକାର ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ କେତେ ପରିମାଣରେ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ କାଠ ବହୁଦିନ ଧରି ରହିବ ତାହା ଆଇସୋଟୋପ ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇ ପାରୁଛି ।

ଆଇସୋଟୋପ ଓ ନଦୀବନ୍ଧ ଯୋଜନା :—

ଇଂଲଣ୍ଡରେ କେଉଁ ଋତୁରେ କେତେ ପରିମାଣର ପଙ୍କ ଭାସି ଆସି ଟେମସ୍ ନଦୀ ଶଯ୍ୟାକୁ ଅଗଭୀର କରିପକାଉଛି ତାହା ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର କରାଯାଇ ପାରୁଛି । ଭବିଷ୍ୟତର ନଦୀବନ୍ଧ ଓ ନଦୀଉପତ୍ୟକାର ବିକାଶ ଏହା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିବ । ଅଧିକ ଖାଦ୍ୟଶସ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ, ନଦୀର ଜଳ କେଉଁ ଋତୁରେ ଫସଲ ପ୍ରତି ଅଧିକ ଉପକାରୀ ତାହା ଏହି ଆଇସୋଟୋପ ଦ୍ୱାରା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଛି । ଭୂମିର କେତେ ନିମ୍ନରେ ଜଳସ୍ତର ଅଛି ଓ କେଉଁ ପରିମାଣର ଜଳସ୍ରୋତ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ ତାହା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଟ୍ରେସର ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଉଛି । ଫଳରେ ମରୁଭୂମିର ଭୂଗର୍ଭରୁ ଜଳ ଆଣି ଜଳସେଚନ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

C^{14}—ଆଇସୋଟୋପ :—

ଗାଈ ଶରୀରରେ ଖାଦ୍ୟ କିପରି ଜୀର୍ଣ୍ଣ ହୋଇ ଦୁଧରେ ପରିଣତ ହେଉଛି ତାହା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ହେଉଛି । 1 ମିଲିଗ୍ରାମ C^{14} ଗାଈ ଦେହରେ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଇ ଏହାର ଗତିପଥ ଓ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ମାପ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ଗାଈକୁ କି ପ୍ରକାର ଖାଦ୍ୟ କେତେ ପରିମାଣରେ ଦିଆଯାଇ ତାର ଦୁଧ ଦେବା ଶକ୍ତି ବଢାଯାଇ ପାରିବ ତାହା ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ହୋଇପାରିବ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଗାଈ, ମେଣ୍ଢା, କୁକୁଡ଼ାଙ୍କ ଶରୀରରେ ହେଉଥିବା ବିଭିନ୍ନ ରୋଗର ନିଦାନ ମଧ୍ୟ ଜଣାଯାଉଛି ।

ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଜୀବାଣୁ ନାଶନ
(Sterilisation of Food)

ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀରେ ଜୀବାଣୁ ଥିବାରୁ ଫରମେଣ୍ଟେସନ ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ଏହା କ୍ଷତିଗ୍ରସ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଜୀବାଣୁ ନାଶନ (ସୂକ୍ଷ୍ମ ଜୀବମାନଙ୍କର ନାଶ) ତଥା ପାସ୍ତୁରୀକରଣ

(Pasturisation) (ସୂକ୍ଷ୍ମଜୀବମାନଙ୍କର ଶତକଡ଼ା 90 ହ୍ରାସ) କେବଳ ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀକୁ ଅତ୍ୟଧିକ ଉତ୍ତପ୍ତ ଦେଇ କରାଯାଇଥାଏ । ପନିପରିବା, ଫଳ ଓ ଔଷଧକୁ ଗରମ କରାଯିବା ସମୀଚୀନ ନୁହେଁ ଏବଂ ଏଗୁଡ଼ିକର ସୁରକ୍ଷା ତଥା ସ୍ଥାନାନ୍ତରୀକରଣରେ ଅସୁବିଧା ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀକୁ ଗରମ ନ କରି ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା କୀଟନାଶନ କରା-ଯାଇପାରେ ।

ବ୍ୟାକ୍ଟେରିଆମାନେ 50,000r ଓ ପ୍ରତିରୋଧୀ ବ୍ୟାକ୍ଟେରିଆମାନେ 1-2,000,000r ବିକିରଣ ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ନଷ୍ଟ ହୋଇଥାନ୍ତି । ତାଜା ଦୁଧର ପାସ୍ତୁରୀ-କରଣନିମିତ୍ତ 100,000r ଓ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କୀଟାଣୁନାଶନ ନିମିତ୍ତ, 500,00r ବିକିରଣ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ଶକ୍ତି ନିଉକ୍ଲିୟର ବିଭଜନରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହି ବିକିରଣକୁ ଉପଯୋଗ କରିବାର ଏକମାତ୍ର ଅପକାରିତା ହେଲା ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀର ସ୍ୱାଦ ଓ ରଙ୍ଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ । ସମ୍ଭବତଃ ଖାଦ୍ୟରେ ଥିବା ଜଳ H ଓ OH ରାଡ଼ିକାଲରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଓ OH ରାଡ଼ିକାଲ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା କରିବାରେ ଅତି ସକ୍ରିୟ; ତେଣୁ ବିକିରଣ ଉପଯୋଗ ପୂର୍ବରୁ ଖାଦ୍ୟ ସାମଗ୍ରୀକୁ ଘନୀଭୂତ କରାଯାଇ-ଥାଏ । ଘନୀଭୂତ ଅବସ୍ଥାରେ OH ରାଡ଼ିକାଲ ମୁକ୍ତଭାବେ ଘୂରି ବୁଲି ପାରନ୍ତି ନାହିଁ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଆସକରବିକ୍ ଏସିଡ (ଭିଟାମିନ C) ଉପଯୋଗ କଲେ ସ୍ୱାଦ ଓ ରଙ୍ଗର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଖୁବ୍ କମ ହୋଇଥାଏ ।

ସ୍ୱାଦ ଓ ରଙ୍ଗର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ଯେଉଁଠି ବାଦ ଦେଇହେବ, ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯଥା ମଞ୍ଜି, ଔଷଧ ପ୍ରଭୃତିରୁ ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା କୀଟାଣୁନାଶନ କରିହେବ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ପରୀକ୍ଷାରୁ ଦେଖାଯାଉଛି ଯେ ଆଳୁକୁ ଯଦି 1,000, 000r ବିକିରଣ ଦିଆଯାଏ ତେବେ ଏହା ଏକ ବର୍ଷ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିନାକ୍ଷତିରେ ରହିପାରିବ ।

କୀଟନାଶନ ଓ ଆଇସୋଟୋପ -

ଶସ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରମାନଙ୍କରେ କୀଟମାନେ ଦେଖାଯାନ୍ତି । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ବୃକ୍ଷଲତା ଖାଇ ବଢ଼ନ୍ତି (Aphids) ଓ ଆଉ କେତେକ ଏହି କୀଟମାନଙ୍କୁ ଖାଇ (Predators) ବଞ୍ଚନ୍ତି । କିନ୍ତୁ Aphidମାନଙ୍କର ପ୍ରଜନନ କ୍ଷମତା ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନେ ଯେଉଁ ପରିମାଣରେ କ୍ଷୟ ହୁଅନ୍ତି ତାଠାରୁ ଅଧିକ ପରିମାଣରେ ଜନ୍ମ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଫଳରେ ଶସ୍ୟଗୁଡ଼ିକୁ ନଷ୍ଟ କରନ୍ତି ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଏପରି ଆଇସୋଟୋପ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ଏପରି କୀଟନାଶକ ପଦାର୍ଥ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଛି ଯାହା ମୃତ୍ତିକା ଦେଇ ଗଛପତ୍ର ମଧ୍ୟକୁ ଗଲେ ମଧ୍ୟ ଗଛପ୍ରତି ଏହା କ୍ଷତିକାରକ ନୁହେଁ କିନ୍ତୁ aphid ପ୍ରତି ଏହା ବିଷାକ୍ତ ଅଟେ । ତେଣୁ କୀଟମାନଙ୍କୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବା ଏହାଦ୍ୱାରା ସହଜ ।

ଜୀବବିଜ୍ଞାନ (Entemology)—ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଟ୍ରେସର ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା କୀଟପତଙ୍ଗମାନଙ୍କର ଗତି ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଯାଇଥାଏ । ଭୂନିମ୍ନରେ ଗତାଗତ କରୁଥିବା କୀଟ ଓ ପଶୁମାନଙ୍କ ଦେହରେ ^{226}Ra ବା Co^{60} ଦିଆଯାଇ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଗାଇଗରମୂଲର ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କର ଗତି ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଯାଇଥାଏ ।

ଆଇସୋଟୋପ୍ ଓ ଚିକିତ୍ସା ବିଜ୍ଞାନ (Isotope & Medical Science)

Na^{24} (ରକ୍ତସଞ୍ଚାଳନ ପରୀକ୍ଷା) :—

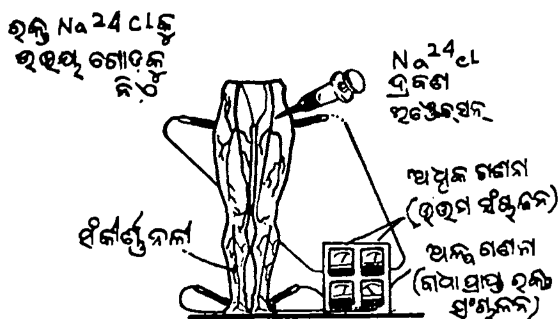
$_{11}$Na^{23} ନିଉଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି Na^{24}ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ସାଧାରଣ ଲବଣ ଭାବେ ଶରୀର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ । ଲବଣ ଶରୀର ତନ୍ତୁଗୁଡ଼ିକ ନିମନ୍ତେ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି Na^{24}ର ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ଶରୀରର କେଉଁ ଅଂଶକୁ Na^{24} ଯାଇ ପାରୁଛି ତାହା Na^{24}ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହେଉଥିବା ଗାମା-ରଶ୍ମି ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରୁଛି । ଏହି Na^{24}କୁ ଶରୀରର ଗୋଟିଏ ବାହୁରେ ଯଦି ଇଞ୍ଜେକ୍ସନ୍ ଦିଆଯାଏ ତେବେ କିଛି ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଏହାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଅପର ବାହୁରେ ଲକ୍ଷ୍ୟ କରିହେଏ । ତେଣୁ Na^{24}କେତେ ଶୀଘ୍ର ଓ କେଉଁ ପରିମାଣରେ ରକ୍ତଦ୍ୱାରା ସଞ୍ଚାଳିତ ହୁଏ, ଜଣାପଡ଼ିଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 52)

ରକ୍ତନଳୀରେ ସଂକୀର୍ଣ୍ଣନ (Blood Vessel Constriction)

ରକ୍ତନଳୀ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ହେବାଦ୍ୱାରା ରକ୍ତ ସଞ୍ଚାଳନ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ରକ୍ତନଳୀ କେଉଁଠାରେ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଛି ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ Na^{24}କୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । $Na^{24}CL$ର ଏକ ଲବଣର ଦ୍ରବଣ ରୋଗୀ ଶରୀର ମଧ୍ୟକୁ ଇଞ୍ଜେକ୍ସନ୍ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ । ଭଲଭାବେ ରକ୍ତ ସଞ୍ଚାଳନ ହେଉଥିବା ଗୋଡ଼ରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଗଣନା ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଯେଉଁ ଗୋଡର ରକ୍ତନଳୀ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ସେଥିରେ ଗଣନାରେ ପ୍ରାର୍ଥକ୍ୟ ଘଟେ ଏବଂ କମ୍ ଗଣନା ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ କେଉଁ ସ୍ଥାନ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ସହଜରେ ଅନୁମାନ କରନ୍ତିଏ ।

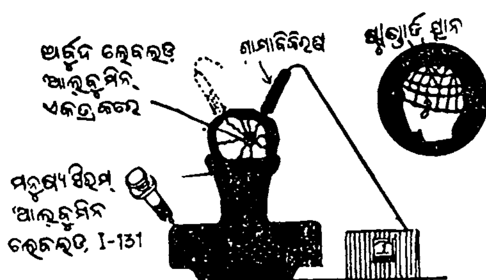


(ଚିତ୍ର ନଂ 53)

ଆଇସୋଟୋପ I^{131}ର ବ୍ୟବହାର:—

ମସ୍ତିଷ୍କ ଅର୍ବୁଦର ସ୍ଥାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :—ଶରୀର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ରୋଗଯୁକ୍ତ ତନ୍ତୁ ଅର୍ବୁଦ (Tumour) ନାମରେ ପରିଚିତ । ଏହି ଅର୍ବୁଦ କୌଣସି ଏକ ରାସାୟନିକ ବସ୍ତୁକୁ ଅନ୍ୟ ସାଧାରଣ ତନ୍ତୁମାନଙ୍କ ଅପେକ୍ଷା ବିଶେଷ ଭାବେ ଗ୍ରହଣ କରିଥାଏ । ତେଣୁ ଯଦି ଏକ ଜଣା ଆଇସୋଟୋପ୍ ଶରୀର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ ତେବେ ଏହା ଏହି ଅର୍ବୁଦ ନିକଟରେ ଅଧିକ ପରିମାଣରେ ଜମାହୁଏ ଏବଂ ଏହାର ଉପସ୍ଥିତି ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ଜଣାପଡେ । ପୂର୍ବରୁ ଅର୍ବୁଦର ସଠିକ ସ୍ଥାନ ନିରୂପଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଏହାର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱକୁ କାଟି କ୍ଷତବିକ୍ଷତ କରାଯାଉଥିଲା । କିନ୍ତୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ତାହା ଆଉ କରିବାକୁ

ପଡ଼ି ନାହିଁ । I^{131} ଉପଯୋଗ କରି ମସ୍ତିଷ୍କ ଅର୍ବୁଦକୁ ସଠିକ ଭାବେ ନିରୂପଣ କରି ହେଉଛି । I^{131} ଗାମାରଶ୍ମି ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାଏ । ମସ୍ତିଷ୍କର ଅସ୍ଥି ମଧ୍ୟଦେଇ β-ରଶ୍ମି ଗତିକରି ପାରେନାହିଁ । ତେଣୁ ଏହି ଗାମା ଉତ୍ସର୍ଜକ I^{131} ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ । ଅର୍ବୁଦ ନିକଟରୁ ଗାମା ଉତ୍ସର୍ଜନ ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଏହା ଜଣାପଡ଼େ । ବେଳେ ବେଳେ ମସ୍ତିଷ୍କର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଏକାଧିକ ଗଣନା-କାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ଥିବାରୁ ଅର୍ବୁଦର ସ୍ଥାନ ସଠିକଭାବେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାରେ କୌଣସି ଅସୁବିଧା ହୁଏ ନାହିଁ ।

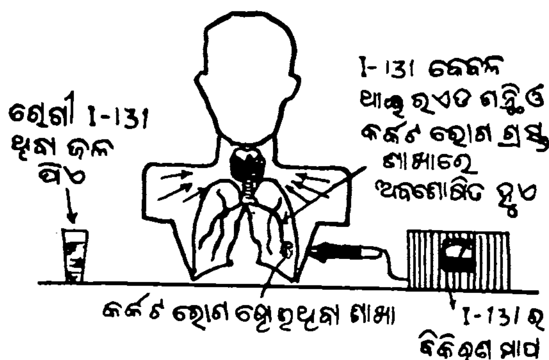


(ଚିତ୍ର ନଂ 54)

ଥାଇରଏଡ଼୍ ଗ୍ରନ୍ଥିର ରୋଗନିଦାନ ଓ ତାର ଚିକିତ୍ସା
(Diagonising & Treatment of Thyroid Gland Disorders)

ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇଓଡ଼ିନ୍, ସରଳ ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଆଇଓଡ଼ାଇଡ଼ ଯୌଗିକ ସହିତ ରୋଗୀକୁ ଖାଇବାକୁ ଦିଆଯାଏ । ଏହା ମଧ୍ୟ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ଶରୀରର ସମସ୍ତ ଆଇଓଡ଼ିନ୍ ଥାଇରଏଡ଼୍ ଗ୍ରନ୍ଥିରେ ସଂଗୃହୀତ ହୁଏ । କାରଣ ଥାଇରଏଡ଼୍ ଗ୍ରନ୍ଥିରୁ ଥାଇରକ୍ସିନ୍ (ଥାଇରଏଡ଼୍ ଥିବା ହରମୋନ୍) ନିଃସୃତ ହୋଇଥାଏ, ଯାହା ଶରୀର ଗଠନରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଯଦି ଗ୍ରନ୍ଥି ଅତିକାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଏହା ଅତ୍ୟଧିକ ଥାଇରକ୍ସିନ୍ ନିର୍ଗତ କରେ ଏବଂ ବହୁ ଆଇଓଡ଼ିନ୍ ଗ୍ରହଣ କରେ । କିନ୍ତୁ ଯଦି ଏହା କମ୍ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ହୋଇଥାଏ, ତେବେ କମ୍ ପରିମାଣର ଥାଇରକ୍ସିନ୍ ନିର୍ଗତ ହୁଏ ଏବଂ କମ୍ ଆଇ-ଓଡ଼ିନ୍ ଗ୍ରହଣ କରେ । ସମସ୍ତ ଆଇଓଡ଼ିନ୍ ଥାଇରଏଡ଼୍ ଗ୍ରନ୍ଥିରେ ଜମାହୁଏ । ଆଇଓଡ଼ିନ୍ ଗାମା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରୁଥିବାରୁ ଥାଇରଏଡ଼୍ ଗ୍ରନ୍ଥି ସାମନାରେ ଶରୀର ବାହାରେ ଗାଇଗର ମୂଲର ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ରଖାଗଲେ ଏହା ଗଣନା କରିଥାଏ । ସାଧାରଣ ଅବସ୍ଥାର ଗଣନା ଓ ବର୍ତ୍ତମାନର ଗଣନାର ତୁଳନାରୁ ଜଣାପଡ଼େ ଯେ ଗ୍ରନ୍ଥି ଅତି ବା ନିମ୍ନ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ଅଟେ ।

ଯଦି ଥାଇରଏଡ୍ ଗ୍ରନ୍ଥିରେ କର୍କଟ ରୋଗ ହୋଇଥାଏ ତେବେ ଏହାର ନିରା-କରଣ ନିମିତ୍ତ ବହୁଳ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇଓଡ଼ିନ୍ ଦିଆଯାଏ । ଏହାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା କର୍କଟ ରୋଗ ଆରୋଗ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 55)

ଶରୀର ରକ୍ତର ଆୟତନ ଜାଣିବା ନିମିତ୍ତ

(To Measure Blood Volume of the Body)

କୋରିଆ ଯୁଦ୍ଧରେ ବହୁ ସୈନିକ କ୍ଷତ ବିକ୍ଷତ ହୋଇଥିଲେ । କିନ୍ତୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ I^{131} ବ୍ୟବହାର କରି ଅନେକଙ୍କୁ ବଞ୍ଚାଇବା ସମ୍ଭବପର ହୋଇଥିଲା ।

ରକ୍ତ ସିରମ(Blood Serum)ରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ I^{131} ମିଶାଯାଇ ଏଥିରୁ କିଛି ଅଂଶ ମାପ କରାଯାଇ କ୍ଷତ ସୈନିକର ଶରୀର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ । 10-15 ମିନିଟ୍ ପରେ ଏହା ଶରୀର ରକ୍ତରେ ମିଶିଗଲା ପରେ ରକ୍ତର କିଛିଅଂଶ ବାହାରକୁ ଟାଣି-ଆଣି ଏହାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ପରୀକ୍ଷା କରାହୁଏ । କେତେ ପରିମାଣର I^{131} ସିରମ ରକ୍ତରେ ମିଶିଛି ତାହା ଜଣାଗଲାପରେ କ୍ଷତ ସୈନିକ ଶରୀରରେ ଆଉ କେତେ ରକ୍ତଅଛି ତାହା ଜଣା ପଡ଼ିଥାଏ । ବଞ୍ଚିବା ନିମିତ୍ତ ଆଉ କେଉଁ ପରିମାଣର ରକ୍ତ ଯୋଗାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ଜାଣି, ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସେହି ପରିମାଣର ରକ୍ତ ଯୋଗାଇ ଆହତ ସୈନିକଙ୍କୁ ବଞ୍ଚାଇ ଦିଆଯାଏ ।

ନାଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ (Nuclear Battery)

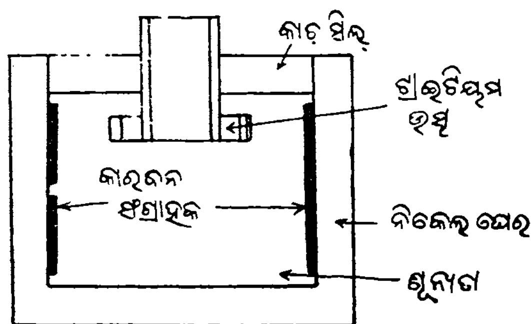
ଏହି ପ୍ରକାର ବ୍ୟାଟେରୀ ଆଣବିକ ନାଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ କଣିକା ଗୁଚ୍ଛର ଶକ୍ତିକୁ ଉପଯୋଗ କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତରେ ପରିଣତ କରିଥାଏ । ବ୍ୟାଟେରୀ ଦୁଇ ଶ୍ରେଣୀର ।

1 । **ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ବ୍ୟାଟେରୀ**—ଶୂନ୍ୟତା ବା କଠିନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ (Solid Dielectric)ଦ୍ୱାରା β—କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରୁଥିବା ଆଇସୋଟୋପକୁ ସଂଗ୍ରହ କରୁଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର (Collecting Electrode) ଠାରୁ ପୃଥକ କରାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତ $\mu\mu$Aରେ ମପାଯାଏ ।

2 । **ନିମ୍ନ ଭୋଲଟେଜ ବ୍ୟାଟେରୀ**—ଏଥିରୁ 1 ଭୋଲ୍‌ଟ ଶକ୍ତି ମିଳେ କିନ୍ତୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ μAରେ ମପାଯାଏ ।

ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ (High Voltage Nuclear Battery)

ଷ୍ଟ୍ରୋନ୍‌ସିୟମ୍—90, କ୍ରିପ୍‌ଟନ୍—85, ଉଦଜାନ—3 (ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍) β କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରନ୍ତି ଏବଂ ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ ଯେ କୌଣସିଟି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରରେ ରଖାଯାଏ । ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରରେ କଣିକା ଗୁଡ଼ିକ ସଂଗୃହୀତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନ ଶୂନ୍ୟତା ବା କଠିନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 56)

ନିକଟ ଅତୀତରେ ନିର୍ମିତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ବ୍ୟାଟେରୀର ନମୁନା ଚିତ୍ରରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ ହୋଇଛି । ଏଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସ, ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ଗ୍ୟାସ୍ ମିଶ୍ରିତ ଜିରକୋନିୟମ୍ ଧାତୁର ଏକ ପତଳା ସ୍ତର ଅଟେ । ନିକେଲ ଘେର(Enclosure) ଭିତର ସ୍ତରରେ କାରବନ୍‌ର ଏକ ପତଳା ସ୍ତର ଦିଆଯାଇଥାଏ ଏବଂ ଏହା ଦକ୍ଷ ସଂଗ୍ରାହକ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟକରିଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ରୋଧୀ କାଚଅଗ୍ରକୁ ନିକେଲ ଘେର ସହ ଟାଲେଇ କରାଯାଇ-ଥାଏ । ଏହି ଘେର ମଧ୍ୟରୁ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ କେନ୍ଦ୍ର ନଳୀମଧ୍ୟଦେଇ କରାଯାଇ ଏହାକୁ ସିଲ୍ (Seal) କରାଯାଇଥାଏ ।

ରାଡ଼ିଏସନ୍ ରିସର୍ଚ୍ଚ କର୍‌ପୋରେସନ୍‌ ମଡ଼େଲ୍ (RIA) ବ୍ୟାଟେରୀର ବ୍ୟାସ 3/8 ଇଞ୍ଚ, ଉଚ୍ଚତା 0·531 ଇଞ୍ଚ, ଓଜନ 0·2 ଆଉନ୍‌ସ ଏବଂ ଏହାର ଆୟତନ 0·05 ଘନଇଞ୍ଚ ଅଟେ । ଏଥିରୁ 500 ଭୋଲ୍‌ଟଶକ୍ତି 160 $\mu\mu$A ରେ ମିଳେ । ଭବିଷ୍ୟତ ବ୍ୟାଟେରୀର ଆୟତନ 46 ଘନଇଞ୍ଚ ହେବ ଏବଂ ଏଥିରୁ 2000 ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ 1μAରେ ମିଳିପାରିବ ।

ଏଥିପୂର୍ବରୁ ନିର୍ମିତ ବ୍ୟାଟେରୀ ଗୁଡ଼ିକରେ ଷ୍ଟ୍ରୋନ୍‌ସିୟମ୍—90 ବ୍ୟବହୃତ ହେଉ-ଥିଲା କିନ୍ତୁ ଉତ୍ସରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା 3ଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ମଧ୍ୟରୁ ମନୁଷ୍ୟ ଶରୀର ଉପରେ Sr—90ର ବିଷାକ୍ତ ପ୍ରଭାବ ଅଧିକ । ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍‌ର ବିଷାକ୍ତ ପ୍ରଭାବ Sr—90ର ଏକହଜାରଭାଗରୁ ଏକଭାଗ ଅଟେ । Sr—90 ଓ Kr—85 ବ୍ୟବହାର କଲେ ପରି-ରକ୍ଷକ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ କାରଣ ଏଥିରୁ ବିକିରିତ ରଶ୍ମି କ୍ଷତିକାରକ । ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍‌ର ବାହ୍ୟ ବିକିରଣ କ୍ଷତିକାରକ ନୁହେଁ । ଏହି ସୁବିଧା ହେତୁ ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସ ନିମିତ୍ତ ଉପଯୋଗୀ ଅଟେ ।

ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ବ୍ୟାଟେରୀର ସବୁଠାରୁ ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଉପଯୋଗ ହେଲା ଚାର୍ଜ-ଯୁକ୍ତ ଧାରିତ୍ର (Charged Capacitor)ର ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍‌କୁ ସ୍ଥିର ରଖିବା । ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ନିମିତ୍ତ ଯଥେଷ୍ଟ ହୋଇଥାଏ ।

ଏ ପ୍ରକାର ବ୍ୟାଟେରୀକୁ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍-ସ୍ରୋତ ଜେନେରେଟର୍ (Constant Current-Generator) କୁହାଯାଇପାରେ । ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ଭାରରୋଧୀ (Load Resistance)ର ସମାନୁପାତୀ ଅଟେ । ସଂଗ୍ରାହକ (Collector)ରେ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ ସଂଗୃହୀତ ହେଉଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଉପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତ ନିର୍ଭର କରେ, କିନ୍ତୁ ଭାରରୋଧୀ ଉପରେ ନୁହେଁ । ଆଇସୋଟୋପ୍‌ର ବହୁକାଳ ବ୍ୟବହାର ପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ସ୍ରୋତ ହ୍ରାସ

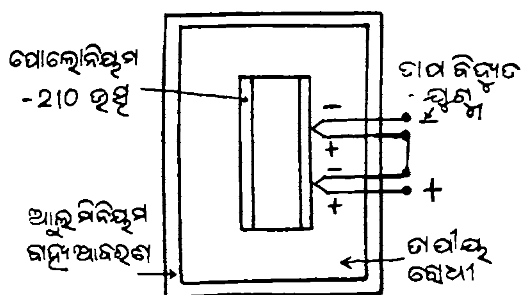
ପାଇଥାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ, ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ର ତୀବ୍ରତା 12 ବର୍ଷପରେ ଓ Sr – 90 ର ତୀବ୍ରତା 25ବର୍ଷପରେ ଶତକଡ଼ା 50 ଭାଗକୁ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ବ୍ୟାଟେରୀ
(Low Voltage Nuclear Battery)

ଏହା 3 ପ୍ରକାରର

1 । ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶ୍ରେଣୀୟ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ବ୍ୟାଟେରୀ
(Thermo-Electric Type of Nuclear Battery)

ଏହି ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ତୂପ (Thermo pile)ର ଉପଯୋଗ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ଏହା ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ତାପ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 57)

0·1 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟାସ ପୋଲୋନିୟମ୍ – 210 ଗୋଲକକୁ ଯଦି ଶୂନ୍ୟରେ ଝୁଲାଯାଏ ତେବେ ଏଥିରେ 350 କ୍ୟୁରୀ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ରହିପାରିବ ଏବଂ ଯଦି ଉତ୍ସର୍ଜକତା 0·25 ହୁଏ ତେବେ ସାମ୍ୟ ଅବସ୍ଥାରେ (Equilibrium) ପୃଷ୍ଠତଳର ଉତ୍ତାପ 2200°C ହେବ । ଏହାକୁ ତ ପଦ୍ଧତି ଭାବେ ଉପଯୋଗ କଲେ ଏକ ବଲ୍‌ଆ କ୍ୟାପ୍‌ସୁଲ୍ ମଧ୍ୟରେ ସିଲ କରିବାକୁ ହେବ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା ପୃଷ୍ଠଉତ୍ତାପ 2200°C ରୁ କିଛି କମ୍ ହେବ ।

ତାପଉତ୍ସ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଯୁଗ୍ମ (Thermo-Couple) ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଯୁଗ୍ମ ଏକାନ୍ତର (Alternatively) ଭାବେ ଉତ୍ସ ଓ ବ୍ୟାଟେରୀର ପୃଷ୍ଠତଳ ସହ ତାପ ପରିବହନ ନିମିତ୍ତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । କିଛି କ୍ଷଣ ପରେ ତାପ ଉତ୍ସସହ ସଂଲଗ୍ନ ସଂଗମ ସ୍ଥାନ (Junction) ଓ ପୃଷ୍ଠତଳ ସହ ସଂଲଗ୍ନ ସଂଗମ ସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟରେ ତାପ ଅନ୍ତରର (Heat Differential) ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଦଶା (Steady State) ଉପୁଜିଥାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଯୁଗ୍ମର ଉତ୍ତାପ ହ୍ରାସ ସହ ସମାନୁପାତୀ । ତାପଉତ୍ସ ବହୁ ସମୟ ବ୍ୟବହାର ହେଲେ ବ୍ୟାଟେରୀ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ହ୍ରାସପାଏ । ପୋଲୋନିୟମ୍—210 (ଅର୍ଦ୍ଧଆୟୁକାଳ 138 ଦିନ) ରେ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ପ୍ରତ୍ୟହ ଶତକଡ଼ା 0·5 ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଯଦି Sr—90(ଅର୍ଦ୍ଧଆୟୁକାଳ 20 ବର୍ଷ) ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ତେବେ ପ୍ରତ୍ୟହ ଶତକଡ଼ା 0·1 ଭାଗ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ହ୍ରାସପାଏ ।

0·4 ଇଞ୍ଚ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ 7ଟି କ୍ରୋମେଲ୍-କନ୍‌ଷ୍ଟାନ୍‌ଟେନ୍ ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଯୁଗ୍ମ ସହ ଯଦି 57 କ୍ୟୁରୀ ପୋଲୋନିୟମ୍—210 ରଖି ସିଲ୍ କରାଯାଏ, ତେବେ ବ୍ୟାଟେରୀରୁ 1·8 ମିଲିଓ୍ୱାଟ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇପାରିବ । 78°C ତାପ ଅନ୍ତର ଥାଇ ଏହାର ମୁକ୍ତ ପରିପଥ (Open Circuit) ଭୋଲ୍‌ଟେଜ 42 ମିଲି-ଭୋଲଟ୍ । 138 ଦିନ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଏହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦନ (Electrical output) ପ୍ରାୟ $1{\cdot}5 \times 10^4$ ଜୁଲ୍ସ (ଓ୍ୱାଟ୍-ସେକେଣ୍ଡ) । ସମଗ୍ର ବ୍ୟାଟେରୀର ଓଜନ 34 ଗ୍ରାମ୍ । ତେଣୁ ପ୍ରତି ପାଉଣ୍ଡରୁ

$$\frac{1{\cdot}5 \times 10^4}{3600}(\text{ଓ୍ୱାଟ ଆଓ୍ୱାର୍}) \times \frac{1}{34} \times 454 = 55{\cdot}6$$ ଶକ୍ତିପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ପ୍ରଚଳିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କୋଷରୁ ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ କରି ଏହି ପରମାଣବିକ ଶକ୍ତି ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ବ୍ୟବହୃତ ହେଉ ବା ନ ହେଉ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀର ଶକ୍ତି କାଳକ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

କେଉଁ କେଉଁ ଆଇସୋଟୋପ ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ ନିମିତ୍ତ ଉପଯୁକ୍ତ, ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନ ଆଲୋଚନା କରିବା । ଯେଉଁ ଆଇସୋଟୋପଗୁଡ଼ିକର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 100 ଦିନରୁ କମ୍ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ବ୍ୟବହାର କଲେ ବ୍ୟାଟେରୀର

ଉପଯୋଗୀକାଳ (Useful Period) ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଯେଉଁ ଆଇ-ସୋଟୋପଗୁଡ଼ିକର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 100 ବର୍ଷରୁ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ, ଏଗୁଡ଼ିକର ଉପଯୋଗ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ଖୁବ୍ କମ୍ ତାପ ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା ସେତେ ଲାଭଦାୟକ ନୁହେଁ । ଦୀର୍ଘ ଆୟୁକାଳ ଓ ଅଳ୍ପ ଆୟୁକାଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଆଇସୋଟୋପ୍‌ଗୁଡ଼ିକୁ ଯଦି ଉପଯୋଗ ନ କରାଯାଏ ତେବେ 137ଟି ଆଇସୋଟୋପ୍ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରିବେ ନାହିଁ ।

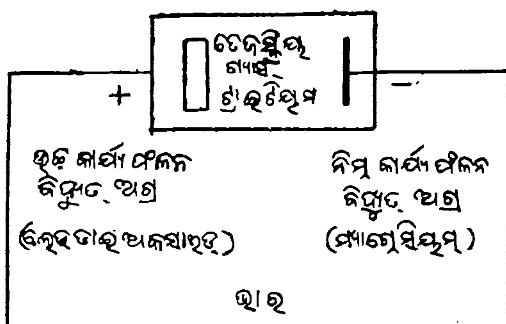
ପୋଲୋନିୟମ—238 ତେଜ ଅଭିକ୍ରିୟା ସ୍ଥଳୁ ରଖିବା ନିମିତ୍ତ ଅସମର୍ଥ । କିନ୍ତୁ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ଏହାକୁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ । Sr—90 ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ପାରିବ । ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ-ଯୁଗ୍ମ ନିମିତ୍ତ ଲେଡ୍-ଟେଲୁରାଇଡ୍ ମିଶ୍ର ଧାତୁର ବହୁଳ ବ୍ୟବହାର ଦେଖାଯାଏ ଏବଂ ଏହା 200°C ଓ 480°C ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ସିଲିକନ-ଜର୍ମାନିୟମ ମିଶ୍ର ଧାତୁ 800° C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କାର୍ଯ୍ୟ କରିପାରେ ।

ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି 5-60 ଓ୍ୱାଟ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇ ପାରିଛି । ଯେତେବେଳେ ପରିରକ୍ଷକର ଆବଶ୍ୟକତା ନ ଥାଏ (ମନୁଷ୍ୟ ବିହୀନ ଅନ୍ତରୀକ୍ଷ ଯାନରେ) ଏହି ନଉକ୍ଲିୟର ବ୍ୟାଟେରୀ, ପ୍ରଚଳିତ ବ୍ୟାଟେରୀ ସହ ସମାନ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରିଥାଏ ଏବଂ ଓଜନରେ ମଧ୍ୟ ହାଲୁକା ହୋଇଥାଏ । SNAP—3 ଓ SNAP—9A (Systems for Nuclear Auxilliary Power)ର ଓଜନ ମାନ

1—2 lbs/watt Range

ଗ୍ୟାସ ଆୟନୀକରଣ ନଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ
(Gas Ionisation Nuclear Battery

ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟସ୍ଥିତ ଏକ ଗ୍ୟାସକୁ β-ଉତ୍ସର୍ଜିତ କରୁଥିବା ଏକ ଆଇସୋଟୋପ ଦ୍ୱାରା ଆୟନୀକୃତ କରାଯାଏ । ପ୍ରତି β-କଣିକା ଦ୍ୱାରା 200ଟି ଆୟନ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଲେଡ ଡାଇଅକ୍ସାଇଡ୍ [ଉଚ୍ଚ କାର୍ଯ୍ୟ ଫଳନ (High Work Function) ଓ ମାଗ୍-ନେସିୟମ୍ [ନିମ୍ନ କାର୍ଯ୍ୟ ଫଳନ (Low Work Function)] ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ଅଛନ୍ତି । ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ ଅଗ୍ର ଦ୍ୱୟରେ ସ୍ପର୍ଶ ବିଭବାନ୍ତର (Contact Potential Difference) ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଗ୍ୟାସରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଭାବରେ ବିଚରଣ କରି ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଉତ୍ପନ୍ନ କରିଥାନ୍ତି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 58)

ଦୁଇ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପରେ ଆରଗନ ଗ୍ୟାସଥିବା ଏକ କୋଷ (Cell) ବିଷୟ ଆଲୋଚନା କରାଯାଉ । ବିଦ୍ୟୁତ ଅଗ୍ରଦ୍ୱୟ ଲେଡ୍ ଡାଇଅକ୍ସାଇଡ୍ ଓ ମ୍ୟାଗ-ନେସିୟମରେ ନିର୍ମିତ । 0·01 ଘନଇଞ୍ଚ ଆୟତନରେ 1·5 ମିଲିକ୍ୟୁରି ଟ୍ରାଇଟିୟମ ଗ୍ୟାସ ତେଜଷ୍କ୍ରିୟ ଉତ୍ସ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ଏବଂ ଏଥିରୁ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ $1{\cdot}6\times10^{-9}$ ଆମ୍ପିୟର ମିଳିଥାଏ । ପ୍ରତି କୋଷର ମୁକ୍ତ ପରିପଥ ଭୋଲଟେଜ୍ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଗ୍ର ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସ୍ପର୍ଶ ବିଭବାନ୍ତର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମୁକ୍ତ ପରିପଥ ଭୋଲଟେଜ୍ 1·5 ଭୋଲ୍ଟ୍ ଅଟେ । କୋଷଗୁଡ଼ିକୁ ମାଳା (Series) କରି ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଆବଶ୍ୟକ ଅନୁଯାୟୀ ଭୋଲଟେଜ୍ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ତାପାୟନିକ (Thermionic) ଜେନେରେଟର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଏହି ତାପ ଯୂନିକ ଜେନେରେଟରରେ ଟଙ୍ଗଷ୍ଟନ ବା ରେନିୟମ ଧାତୁ ନିର୍ମିତ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଗ୍ର 1200 – 1800° C ଉତ୍ତାପ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇ ତାପାୟନ ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାନ୍ତି । ସଂଗ୍ରାହକ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଗ୍ର 500 – 900° C ଉତ୍ତାପରେ ରହେ ଏବଂ ଏହା ମଲିବଡେନମ୍, ନିକେଲ ବା ନିଓବିୟମ ଧାତୁ ନିର୍ମିତ । ଉତ୍ତପ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଗ୍ରରୁ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ 1 – 2 ମିଲିମିଟର ପଥ ଅତିକ୍ରମ କରି ସଂଗ୍ରାହକକୁ ଯାଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ସଂଗ୍ରାହକରୁ ବାହ୍ୟ ପରିପଥ ଦେଇ ପୁନର୍ବାର ଉତ୍ସର୍ଜକକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କରିଥାନ୍ତି ।

ଆୟନୀକରଣ ସ୍ଥାନ ସିଜିୟମ ବାଷ୍ପ ଦ୍ୱାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ଏବଂ ଏହି ବାଷ୍ପର କାର୍ଯ୍ୟ ଦ୍ୱିବିଧ ଅଟେ । ପ୍ରଥମତଃ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଗ୍ରଦ୍ୱୟ ସିଜିୟମ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ଅଧିଶୋଷିତ (Adsorbed) ହେବାରୁ ଏମାନଙ୍କ କାର୍ଯ୍ୟଫଳନ ହ୍ରାସପାଇ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ସ୍ତରରେ ରହିଥାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟତଃ

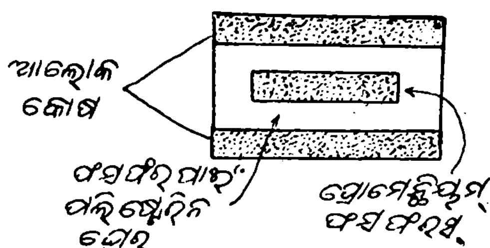
ଏହା ଏକ ଅସ୍ପନତ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ସୃଷ୍ଟି କରିବାରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସ୍ଥାନଗୁଚ୍ଛ (Electron Space Charge) ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ ।

ଉତ୍ସର୍ଜନ କରୁଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ଅଗ୍ରକୁ ସକେନ୍ଦ୍ରିତ ସୌର ଶକ୍ତି (Concentrated Solar Energy), ରେଡିଓଆକ୍ଟିଭ ଆଇସୋଟୋପ ବା ପ୍ରଚଳିତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟରରୁ ତାପ ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଅଭିକ୍ରିୟା ଆରମ୍ଭ ପରେ ମୁକ୍ତ ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଏକ ସମସ୍ୟା ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ, ଯାହାକି ଅତି ସହଜରେ ସମାଧାନ କରାଯାଇ ପାରିବ । ସଂଗ୍ରାହକ ବିଦ୍ୟୁତ ଅଗ୍ରର ଶୀତଳୀକରଣ ନିମିତ୍ତ ତାପନଳୀ (Heat Pipe)କୁ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ ।

ଏହି ତାପନଳୀ ଏକ ଫମ୍ପା ସିଲିଣ୍ଡର ଅଟେ । ସିଲିଣ୍ଡରର ଏକ ପ୍ରାନ୍ତରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହେବାଦ୍ୱାରା ତାପ ଅବଶୋଷିତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଅପର ପ୍ରାନ୍ତରେ ବାଷ୍ପ ଘନୀଭୂତ ହେବା ଦ୍ୱାରା ତାପ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଘନୀଭୂତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ତାପ ଅବଶୋଷିତ ହେଉଥିବା ପ୍ରାନ୍ତକୁ ପୁନର୍ବାର କୈଶିକ ଆକର୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ଫେରି ଆସିଥାଏ । ଏହି ତାପ-ନଳୀ ଦ୍ୱାରା ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ତମ୍ବା ବା ସିଲଭର ଅପେକ୍ଷା 10,000 ଗୁଣ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।

ପ୍ରସ୍ଫୁରକ ଆଲୋକକୋଷ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବ୍ୟାଟେରୀ
(Scintillator-Photocell Nuclear Battery)

ଏ ପ୍ରକାର କୋଷରେ ଦୁଇଟି ପରିବର୍ତ୍ତନ ପଦ୍ଧତି ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଇଥାଏ । β-କଣିକା ଶକ୍ତି ଆଲୋକ ଶକ୍ତିରେ ଏବଂ ଆଲୋକଶକ୍ତି ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 57)

ଏଥି ସକାଶେ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ଆଲୋକଉତ୍ସ (Light Source) ଓ ଆଲୋକ କୋଷ (Light Cell) ଥାଏ ।

ସ୍ୱଚ୍ଛ ବିକିରଣ ରୋଧୀ ପ୍ଲାଷ୍ଟିକ (Transparent Radiation Resistant Plastic)ର ଆ ବରଣ ମଧ୍ୟରେ ତାପ ଉତ୍ସକୁ ସିଲ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ତାପଉତ୍ସ ଫସ୍‌ଫରସ ଗୁଣ୍ଡ ଓ ପ୍ରୋମେଥିୟମ୍ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍ (Pm_2O_3) ଗୁଣ୍ଡର ଏକ ମିଶ୍ରଣ ଅଟେ । ଆଲୋକ ଉତ୍ସର ଆକାର ଏକ ପତଳା ଥାଳି ଭଳି । ଆଲୋକ କୋଷ ଏହି ଆଲୋକ ଉତ୍ସର ଉଭୟ ପଟେ ଥାଏ । ଆଲୋକ କୋଷଗୁଡ଼ିକ ସୌର କୋଷର ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଆକାର ଏବଂ ଡିଫ୍ୟୁଜଡ୍-ସିଲିକନ ଶ୍ରେଣୀସ୍ଥ ।

β-ବିକିରଣ ଦ୍ୱାରା ଆଲୋକ କୋଷଗୁଡ଼ିକର ଆବରଣ କ୍ଷତଗ୍ରସ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ପଲିଷ୍ଟାଇନ ଆବରଣ ମଧ୍ୟରେ ଆଲୋକ ଉତ୍ସ ନିରାପଦରେ ରହିପାରେ । ସିଲିକନ ଆଲୋକ କୋଷ ନିମିତ୍ତ କାଡ଼ମିୟମ ସଲଫାଇଡ୍ ଅଥବା କାଡମିୟମ ଓ ଜିଙ୍କ ସଲଫାଇଡର ମିଶ୍ରଣ ଅତି ଉପଯୁକ୍ତ ଅଟେ ।

ଏକ ମଡ଼େଲ (Prototype) ବ୍ୟାଟେରୀରେ 50 ମିଲିଗ୍ରାମ ଫସ୍‌ଫରସ 5 ମିଲିଗ୍ରାମ ପ୍ରୋମେଥିୟମ—147 ଆଇସୋଟୋପର ମିଶ୍ରଣ ଆଲୋକଉତ୍ସ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଏହି ପ୍ରୋମେଥିୟମ ଆଇସୋଟୋପ β-କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରିଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 2·6 ବର୍ଷ । ଫସ୍‌ଫରସ କଣିକା ଉପରେ ଏହା ହାଇଡ୍ରୋକ୍‌ସାଇଡ୍‌ର ଏକ ଆବରଣ ଭଳି ସଂଗୃହୀତ ହୁଏ ଏବଂ ଶୁଷ୍କ ହେବାପରେ ଏଥିରୁ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍ ମିଳେ । ଏହି ବ୍ୟାଟେରୀରୁ 20×10^{-6} ଆମ୍ପିୟର ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ 1 ଭୋଲଟ୍‌ରେ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଅର୍ଦ୍ଧ ଆୟୁକାଳ 2—6 ବର୍ଷ ପରେ ବିଦ୍ୟୁତ ସ୍ରୋତ ଶତକଡ଼ା 50 ଭାଗକୁ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ କିନ୍ତୁ ଭୋଲଟେଜ୍ ହ୍ରାସ ମାତ୍ର ଶତକଡ଼ା 5 ଭାଗ ହୋଇଥାଏ ।

ଏହି ବ୍ୟାଟେରୀ ନିମିତ୍ତ ପରିରକ୍ଷକର ଆବଶ୍ୟକତା ହୋଇଥାଏ । ପରିରକ୍ଷକ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ନ ଥିବା ବ୍ୟାଟେରୀର ଆୟତନ 0·014 ଘନଇଞ୍ଚ ଏବଂ ଓଜନ 0·016 ଆଉନ୍‌ସ । ବ୍ୟବହୃତ ହେଉ ବା ନ ହେଉ 2·5 ବର୍ଷକାଳ ମଧ୍ୟରେ ଏଥିରୁ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ 0·32 ଓ୍ୱାଟଆଓ୍ୱାର ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ପାଉଣ୍ଡ ପ୍ରତି 320 ଓ୍ୱାଟ୍ ଆଓ୍ୱାର ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ମିଳିଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଶକ୍ତି ରାସାୟନିକ ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ମିଳିଥିବା ଶକ୍ତିର ପ୍ରାୟ 6 ଗୁଣ । ଯଦି ପରିରକ୍ଷକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତେବେ ଏହାର ଆୟତନ 0·07 ଘନଇଞ୍ଚ ଏବଂ ଓଜନ 0·06 ଆଉନ୍‌ସ ହୋଇଥାଏ । 200^0F ଉତ୍ତାପରେ ଏହି କୋଷ ବହୁଦିନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ରହିପାରେ ।

ସପ୍ତମ ଅଧ୍ୟାୟ

ଭାରତ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଓ୍ୱାର

ପୃଥିବୀର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଦେଶ ତୁଳନାରେ ଭାରତର ସ୍ଥାନ

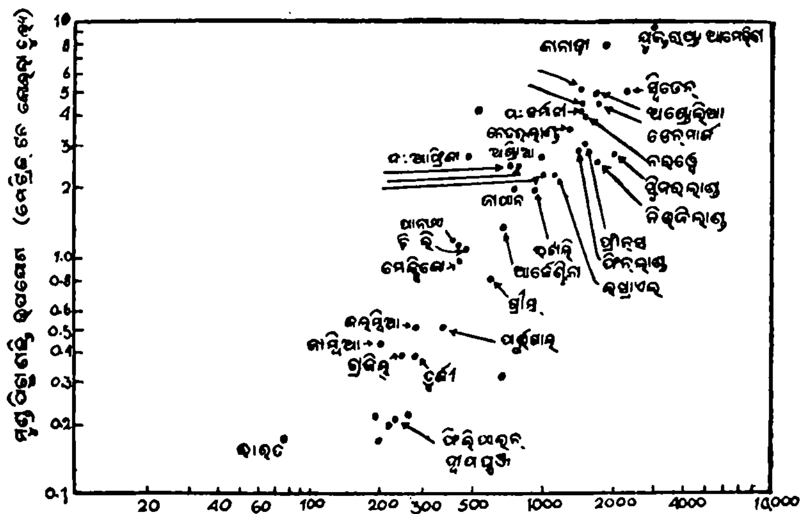
ଅତି ଉନ୍ନତ ଦେଶକୁ ଛାଡ଼ିଦେଲେ ମଧ୍ୟମ ଧରଣର ଉନ୍ନତ ଦେଶ ତୁଳନାରେ ମଧ୍ୟ ଭାରତର ମୁଣ୍ଡପିଛା ଆୟ ଓ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ସବୁଠାରୁ କମ୍ ଅଟେ ।

ସାରଣୀ—8 ※

ଦେଶ	ମୁଣ୍ଡପିଛା ଜାତୀୟ ଆୟ (ଆମେରିକା ଡଲାର)	ମୁଣ୍ଡପିଛା ପାଓ୍ୱାର ଉପଯୋଗ କିଲୋଓ୍ୱାଟ ଆଓ୍ୱାର
ଆମେରିକା	3,842	6,345
ସ୍ୱିଡ଼େନ	2,732	6,484
କାନାଡ଼ା	2,660	7,907
ଅଷ୍ଟ୍ରେଲିଆ	2,172	3,329
ଫ୍ରାନ୍ସ	2,052	2,202
ଜର୍ମାନୀ	2,004	3,040
ୟୁ. କେ.	1,925	2,703
ଇସ୍ରାଇଲ	1,504	1,740
ଇଟାଲି	1,182	1,730
ଜାପାନ	986	2,171
ମେକସିକୋ	493	432
ଟେଓ୍ୱାନ	245	593
ଭାରତ	92	75

※ 1966 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା ମିଳିଥିବା ଗଣନା ଉପରେ ପର୍ଯ୍ୟବସିତ ।

ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଏଜେନ୍‌ସି (International Atomic Energy Agency) ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ଦେଶର ନଉକ୍ଲୟାର ପାଓ୍ୱାରର ପ୍ରତିଷ୍ଠାପିତ କ୍ଷମତା (Installed Capacity)ର ଏକ ଅଟକଳ କରିଛନ୍ତି । ତାହା ସାରଣୀ 9ରେ ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 60)

ସାରଣୀ—୨

1969	1970	1974
1—ଆମେରିକା	ଆମେରିକା	ଆମେରିକା
2—ୟୁ. କେ	ୟୁ. କେ	ୟୁ. କେ
3—ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ	ଫ୍ରାନସ	ଜାପାନ
4—ଫ୍ରାନସ	ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ	କାନାଡ଼ା
5—ଜର୍ମାନୀ	କାନାଡ଼ା	ସ୍ୱିଡ଼େନ
6—ଇଟାଲି	ଜାପାନ	ଜର୍ମାନୀ
7—ସ୍ପେନ	ଜର୍ମାନୀ	ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ
8—**ଭାରତ**	ଇଟାଲି	ଫ୍ରାନସ
9—ଜାପାନ	ସ୍ପେନ	ସ୍ପେନ
10—ସ୍ୱିଜରଲାଣ୍ଡ	ସ୍ୱିଡ଼େନ	ସ୍ୱିଜରଲାଣ୍ଡ
11—କାନାଡା	**ଭାରତ**	ବେଲଜିୟମ
12—ସ୍ୱିଡ଼େନ	ସ୍ୱିଜରଲାଣ୍ଡ	ଇଟାଲି
13—ଜେକୋସ୍ଲୋଭାକିୟା	ଜେକୋସ୍ଲୋଭାକିୟା	**ଭାରତ**
14—ନେଦରଲାଣ୍ଡ	ପାକିସ୍ଥାନ	ବୁଲଗେରିଆ
15—ବେଲଜିୟମ	ନେଦରଲାଣ୍ଡ	ଫିନଲାଣ୍ଡ

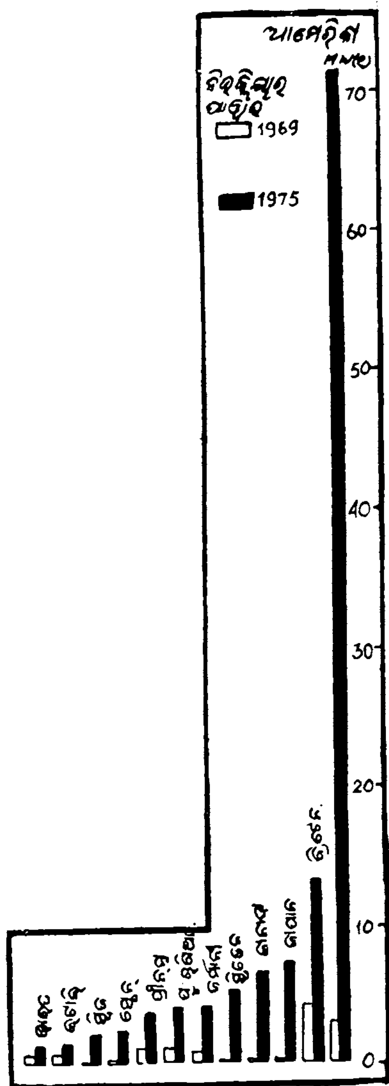
ଏହି ସାରଣୀରୁ ଏହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଜଣାଯାଏ ଯେ 1969 ମସିହାରେ ଭାରତର ସ୍ଥାନ ଅଷ୍ଟମ ଥିବାବେଳେ 1970 ରେ ଏକାଦଶ ଏବଂ 1974 ରେ ତ୍ରୟୋଦଶ ହେବାର ଅନୁମାନ କରାଯାଉଛି । ଅନ୍ୟ ଦେଶଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଗତି କଲାବେଳେ ଭାରତର ପ୍ରଗତି ଖୁବ ପଛରେ ପଡ଼ିଛି ।

ସୋଭିଏତ ୟୁନିଅନ 1954 ମସିହାରେ ପୃଥିବୀରେ ସର୍ବପ୍ରଥମେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଉତ୍ପାଦନ ଆରମ୍ଭ କରିଥିଲା, କିନ୍ତୁ ବ୍ରିଟେନର ଅଧିକ ସଂଖ୍ୟକ ପାୱାର ରିଆକ୍ଟର ଥିଲା, ଏପରିକି ଆମେରିକାଠାରୁ ମଧ୍ୟ ଅଧିକ ଥିଲା । କିନ୍ତୁ 1969 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା ଆମେରିକା ଏହି ବୈଷୟିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏତେ ପ୍ରଗତି କଲା ଯେ ବ୍ରିଟେନକୁ ପଛରେ ପକାଇଦେଲା । 1975 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା ଅଟକଳରୁ ଜଣାଯାଉଛି ଯେ ଆମେରିକା ଅନ୍ୟଦେଶମାନଙ୍କଠାରୁ ପ୍ରାୟ 6 ଗୁଣ ପାୱାର ଉତ୍ପାଦନ କରିବ । ତା ପଛକୁ ରହିବ ବ୍ରିଟେନ । ଜାପାନ, କାନାଡା ଓ ସ୍ୱିଡ଼େନର ସ୍ଥାନ ଯଥାକ୍ରମେ ହେବ ତୃତୀୟ, ଚତୁର୍ଥ ଓ ପଞ୍ଚମ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଓ ଭାରତର ପଡୋଶୀ ରାଜ୍ୟମାନଙ୍କର ପ୍ରଗତି

ଚୀନ :—1964 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦ ଅକ୍ଟୋବର 16 ତାରିଖରେ ଚୀନ ଗୋଟିଏ 20 କିଲୋଟନ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ କରିଥିଲା । ଏହି ବୋମା u—235 ଶ୍ରେଣୀୟ । 3 ବର୍ଷ ପରେ 1967 ଜୁନ 17 ତାରିଖରେ ପ୍ରଥମ ହାଇଡ୍ରୋଜେନ ବୋମା ବିସ୍ଫୋରଣ କରିଥିଲା । 1969 ସେପ୍ଟେମ୍ବର 23 ତାରିଖରେ ଭୂଗର୍ଭରେ ବିସ୍ଫୋରଣ କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଇଂଜିନିୟରିଂ (NEE)ର ବୈଷୟିକ ଜ୍ଞାନ ହାସଲ କରିଥିଲା । ଚୀନର ଏହି ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଗତି ଦ୍ୱାରା ପୃଥିବୀବାସୀ ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟ ହୋଇ ଯାଇଥିଲେ ।

ଚୀନର ଏହି ପ୍ରଗତି ଦୁଇଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ହୋଇଥିବାର ଅନୁମାନ କରାଯାଏ । 1959 ପୂର୍ବରୁ ଚୀନ ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରଗତିନିମିତ୍ତ ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରୁଥିଲା । 1957 ରେ ଚୀନ ଓ ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଚୁକ୍ତି ସ୍ୱାକ୍ଷରିତ ହୋଇଥିଲା । ଏହା ଅନୁଯାୟୀ ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ ଚୀନକୁ ବୋମା ଡିଜାଇନ ସମେତ ଜାତୀୟ ପ୍ରତିରକ୍ଷା ନିମିତ୍ତ ନୂତନ ବୈଷୟିକ ଜ୍ଞାନ ଯୋଗାଇବା ନିମିତ୍ତ ଚୁକ୍ତିବଦ୍ଧ ହୋଇଥିଲା । ଏହି ଚୁକ୍ତି ଅନୁସାରେ ଗବେଷଣା ରିଆକ୍ଟର, ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରନ ପ୍ରଭୃତି କେତେକ ଚୀନରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲା, କିନ୍ତୁ ବୋମା ଡିଜାଇନ ଓ ପ୍ରସ୍ତୁତି ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ କୌଶଳ ଚୀନ ସୋଭିଏତ



(ଚିତ୍ର ନଂ 61)

ୟୁନିୟନଠାରୁ ପାଇପାରି ନଥିଲା । ତାପରେ ଚୀନ ଓ ସୋଭିଏତ ୟୁନିୟନ ମଧ୍ୟରେ ବିବାଦ ଉପୁଜିଲା । 1959 ପରେ ଚୀନ ପ୍ରତିରକ୍ଷା କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆତ୍ମନିର୍ଭରଶୀଳ ହେବାକୁ ଲାଗିପଡ଼ିଲା । ସେହି ଦିନଠାରୁ ପ୍ରାୟ 40ଟି ନିଉକ୍ଲିୟାର ପ୍ରତିଷ୍ଠାନ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି ।

ଲଞ୍ଚାଓ (Lanchow) ଠାରେ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିବା ଗ୍ୟାସୀୟ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ 1963 ରେ ଉତ୍ପାଦନ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଛି ଏବଂ ଏଥିରୁ ବାର୍ଷିକ 100 କିଲୋଗ୍ରାମ u—235 ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ । ଆଉ ଏକ ଗ୍ୟାସ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ନିର୍ମାଣ ପ୍ରାୟ ଶେଷ ହେବା ଉପରେ । 1967 ମସିହାରୁ ୟୁମେନ ଆଣବିକପ୍ଲାଣ୍ଟ (Yumen Atomic Plant) ବାର୍ଷିକ 200 କିଲୋଗ୍ରାମ Pu—239 ଉତ୍ପାଦନ କରୁଛି ।

ଚୀନର ସିଙ୍କିୟାଙ୍ଗ୍ (Sinkiang), କ୍ୟାଙ୍ଗସି (Kiangsi) କ୍ୱାନଙ୍ଗଟୁଙ୍ଗ୍ (Kwangtung) ଠାରେ ବହୁ ପରିମାଣର ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁପିଣ୍ଡ ମହଜୁଦ୍ ଅଛି ଏବଂ ଏଥିରୁ ପ୍ରତିଦିନ 2500 ଟନ୍ ନିଷ୍କାସନ କରାଯାଇପାରିବ । ଚୁଚୋ (Chuchow) ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ସାମାନ୍ୟ ସଂସାଧନ ପରେ ଧାତୁ ପିଣ୍ଡକୁ ଜେକୋସ୍ଲୋଭାକିଆ ପ୍ରେରଣ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ୟୁରାନିୟମ୍ ନିଷ୍କାସନ ହୁଏ । ନିଷ୍କାସିତ ୟୁରାନିୟମରୁ ଅଧେ ଚୀନ ନିଷ୍କାସନ ମୂଲ୍ୟ ଆକାରରେ ଦିଏ ।

ପାକିସ୍ଥାନ—

ଗତ 10 ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ 40 କୋଟିରୁ ଅଧିକ ଟଙ୍କା, ଗବେଷଣା ଓ ଉନ୍ନୟନ କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନ ଏବଂ କରାଚିରେ 137 ମେଗାୱାଟ୍ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ବ୍ୟୟିତ ହୋଇଛି । ଭାରତର ଭାବା ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର ଭଳି ପାକିସ୍ଥାନରେ PINSTECH (Pakisthan Institute of Nuclear Science & Technology) ଇସଲାମାବାଦଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ପାକିସ୍ଥାନର 5 ମେଗାୱାଟ୍ ସ୍ୱିମିଙ୍ଗପୁଲ ରିଆକ୍ଟରରୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଉତ୍ପାଦିତ ହେଉଛି । ଲାହୋରଠାରେ ଏକ 14 ମେଗାୱାଟ୍ ନିଉଟ୍ରନ ଜେନେରେଟର୍ ଏବଂ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ହାଲୁକାଜଳ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି ।

କରାଚିଠାରେ 70 କୋଟି ଟଙ୍କା ବ୍ୟୟରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପାୱାର ତଥା ଲବଣୀକରଣପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପିତ ହେବ ଏବଂ ଏଥିରୁ 300 ମେଗାୱାଟ୍ ପାୱାର୍ ଏବଂ ପ୍ରତିଦିନ 50 ଲକ୍ଷ ଗ୍ୟାଲନ୍ ଲବଣମୁକ୍ତ ଜଳ ମିଳିପାରିବ । ବହୁପରିମାଣରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ବାଲି

ଏବଂ ୟୁରାନିୟମ୍ ଓ ଜିରକନ ଥିବା ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ କନ୍ୟାକୁମାରୀ ସମୁଦ୍ର କୂଳେ ଏବଂ ସିନ୍ଧୁ ନଦୀ ବାଲି ଏବଂ ଡେରାଘାଜିଖାନଠାରେ ଥିବାର ସନ୍ଧାନ ମିଳିଛି ।

ଶ୍ରୀଲଙ୍କା ଓ ବର୍ମା :—

ଏହି ଦେଶ ଗୁଡ଼ିକରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଯୋଜନା ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ଅଛି ।

ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଉତ୍ପାଦନରେ ପ୍ରତିଯୋଗିତା

ଦେଶଗୁଡ଼ିକ ଯେତିକି ଯେତିକି ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଶିଳ୍ପରେ ଅଗ୍ରଗତି କରୁଛନ୍ତି ସେତିକି ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ର ଚାହିଦା ବୃଦ୍ଧିପାଉଛି । ଅଟକଳ କରାଯାଉଛି ଯେ ପାଶ୍ଚାତ୍ୟ ଦେଶଗୁଡ଼ିକ 1975 ସୁଦ୍ଧା 18,000 ଟନ୍, 1980 ସୁଦ୍ଧା 36,000 ଟନ୍ ଏବଂ 1985 ସୁଦ୍ଧା 72,000 ଟନ୍ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଆବଶ୍ୟକ କରିବେ ।

ୟୁରାନିୟମ୍ ପୃଥକ୍କରଣ ବର୍ତ୍ତମାନ ଗ୍ୟାସ୍ ବିସରଣ ଶିଳ୍ପବିଜ୍ଞାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରୁଛି । ଆମେରିକାରେ 3ଟି ଗ୍ୟାସ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଅଛି ଏବଂ ଏଥିରୁ 17,000 ଟନ୍ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ମିଳେ । ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ଦେଶକୁ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ରପ୍ତାନି କରିବାରେ ଆମେରିକା ପ୍ରଥମ ସ୍ଥାନ ଅଧିକାର କରିଛି । ରୁଷିଆରେ ଏକ ବଡ଼ଧରଣର ଗ୍ୟାସ୍ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଅଛି । ବ୍ରିଟେନ୍ ଓ ଫ୍ରାନ୍ସରେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରତ୍ୟେକଙ୍କର ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଗ୍ୟାସ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଅଛି । ଚୀନ୍ରେ ମଧ୍ୟ ଗୋଟିଏ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଅଛି ।

ୟୁରୋପୀୟ ଦେଶମାନଙ୍କ ସହିତ ସହାୟତା ନକରି ଆମେରିକା ଏହି ଗ୍ୟାସ୍ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଗୁଡ଼ିକର ସମ୍ପ୍ରସାରଣ କରି ବିଦେଶକୁ ଅଧିକ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ରପ୍ତାନି କରି ବୈଦେଶିକ ମୁଦ୍ରା ହାସଲ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯୋଜନା କରିଛି । ଅପରପକ୍ଷେ ୟୁରୋପୀୟ ରାଷ୍ଟ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଆମେରିକା ଉପରେ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ନିମିତ୍ତ ଆଉ ନିର୍ଭର ନକରି ଆତ୍ମ-ନିର୍ଭରଶୀଳ ହେବା ନିମିତ୍ତ ଲାଗିପଡ଼ିଲେଣି ଏବଂ ଆକର୍ଷଣୀୟ ଗ୍ୟାସ୍ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ପଦ୍ଧତି ଅବଲମ୍ବନ କରୁଛନ୍ତି ।

ପଶ୍ଚିମଜର୍ମାନୀ, ବ୍ରିଟେନ୍ ନେଦରଲାଣ୍ଡ, 350 ଟନ୍ର ଗ୍ୟାସ୍ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଚୁକ୍ତିବଦ୍ଧ ହୋଇଛନ୍ତି । ଇଂଲଣ୍ଡର ଚେସାୟାର୍ର କାପେନ୍ହର୍ଷ୍ଟ

(Capenhurst) ଠାରେ ନେଦରଲ୍ୟାଣ୍ଡ୍ସର ଆଲ୍‌ମେଲୋ (Almelo) ଠାରେ ଅପକେନ୍ଦ୍ରୀ ସୋପାନ (Centrifuge Cascade) ନିର୍ମାଣ କାର୍ଯ୍ୟ ଆଗେଇ ଚାଲିଛି । ଫ୍ରାନ୍ସ ଅନ୍ୟ ଦେଶ ସହାୟତାରେ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ କରି 1980 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା 6000ରୁ 10,000 ଟନ୍ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରିବାର ବନ୍ଦୋବସ୍ତ କରୁଛି । ଫ୍ରାନ୍ସ ମଧ୍ୟ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ପଦ୍ଧତି ଅବଲମ୍ବନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ପରିକଳ୍ପନା କରୁଛି । ସ୍ୱିଡେନ୍ ଓ ନରୱେ ମଧ୍ୟ ୟୁରାନିୟମ୍ ପୃଥକ୍‌କରଣ ନିମିତ୍ତ ଯୋଜନା କରୁଛନ୍ତି । ଗ୍ୟାସ୍ ବିସରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ଯାହା ଖର୍ଚ୍ଚ ହୁଏ ତାହା ଗ୍ୟାସ୍ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଖର୍ଚ୍ଚ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରାୟ 4ଗୁଣ । ତା ଛଡ଼ା ଗ୍ୟାସ୍ ଅପକେନ୍ଦ୍ରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ଅଳ୍ପ ପାୱାର ଉପଯୋଗ ହୋଇଥାଏ ।

କମ୍ୟୁନିଷ୍ଟ ଦେଶମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଓ ଇନ୍ଧନ ସଂସାଧନ ପଦ୍ଧତି ପୂରାପୂରି ରୁଷିଆର ନିୟନ୍ତ୍ରଣାଧୀନ । ଏହାକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବାର ମୁଖ୍ୟତଃ ଦୁଇଟି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ । ପ୍ରଥମରେ ରୁଷିଆ ରିଆକ୍ଟର ଶିଳ୍ପବିଜ୍ଞାନକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରିବ ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟରେ ଯୁଦ୍ଧ—ସରଞ୍ଜାମ ରୁଷିଆବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ପଡ଼ୋଶୀ ରାଷ୍ଟ୍ର ଯେପରି ପ୍ରସ୍ତୁତ ନକରି ପାରିବେ ।

ପୂର୍ବ ୟୁରୋପୀୟ ରାଷ୍ଟ୍ରଗୁଡ଼ିକ ରୁଷିଆର ରିଆକ୍ଟର ବିକ୍ରି ଏବଂ ସାହାଯ୍ୟ ପାରିଶ୍ରମିକ ଚୁକ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଚେକୋସ୍ଲୋଭାକିଆ ଓ ରୁମାନିଆ, କାନାଡାଠାରୁ ଭାରୀଜଳ ରିଆକ୍ଟର ଖରିଦ୍ କରିବା ପ୍ରସ୍ତାବକୁ ରୁଷିଆ ଅନୁମୋଦନ କରିଛି ।

ଭାରତରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାରର ଆବଶ୍ୟକତା କାହିଁକି ? :—

ଆଧୁନିକ ଯୁଗରେ ଦେଶର ପ୍ରଗତି ମୁଣ୍ଡପିଚ୍ଛା ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯେଉଁ ଦେଶରେ ମୁଣ୍ଡପିଚ୍ଛା ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ଯେତେ ଅଧିକ ସେ ଦେଶ ସେତେ ପ୍ରଗତିଶୀଳ । ହିସାବରୁ ଦେଖାଯାଇଛି ଯେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭାରତର ସ୍ଥାନ ଅନ୍ୟ ଦେଶ ତୁଳନାରେ ନ୍ୟୂନ । ସମଗ୍ର ୟୁରୋପୀୟ ରାଷ୍ଟ୍ରଗୁଡ଼ିକରେ ଇନ୍ଧନ ମୁଣ୍ଡପିଚ୍ଛା ଯାହା ଉପଯୋଗ ହୁଏ, ତାହା ତୁଲ୍ୟ କୋଇଲାର $\frac{1}{10}$ ଭାଗ ଏ ଅଞ୍ଚଳରେ ଉପଯୋଗ ହୁଏ । ଉତ୍ତର ଆମେରିକା ସହ ତୁଳନା କଲେ ଏହା ଆହୁରି କମ୍ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ୟୁରୋପରେ ଯେଉଁ ହାରରେ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ହେଉଛି, ଏ ଶତାବ୍ଦୀ ଶେଷ ପୂର୍ବରୁ ଆମକୁ ସେ ସ୍ତରକୁ ପହଞ୍ଚିବାକୁ ହେଲେ ମହଜୁଦ ଥିବା ସମସ୍ତ ପ୍ରଚଳିତ ଇନ୍ଧନ ଖୁବ୍ ଅଳ୍ପ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଶେଷ ହୋଇଯିବ । ଯଦିଚ ଅନେକ ପ୍ରଚଳିତ ଇନ୍ଧନ ଉତ୍ସର ସନ୍ଧାନ ମିଳେ, ତଥାପି ଏଥିରେ ବିଶେଷ କିଛି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବନାହିଁ । କାରଣ ଯେଉଁ ପରିମାଣରେ ଶକ୍ତି ମିଳିବ

ତାହା ଗୃହଦୀପ ଜଳାଇବାକୁ ଯଥେଷ୍ଟ ନୁହେଁ । ଯଦି ଭାରତର ଜନସଂଖ୍ୟା 2000 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା 60 କୋଟି ହୁଏ ଏବଂ ବାର୍ଷିକ ମୁଣ୍ଡପିଛା ଏକ ଟନ କୋଇଲା ତୁଲ୍ୟ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ହୁଏ ତେବେ ପ୍ରତିବର୍ଷ 60 କୋଟି ଟନ କୋଇଲା ତୁଲ୍ୟ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ହେବ । ଯଦି ଏହି ଆବଶ୍ୟକତାର ଶତକଡ଼ା 40 ଭାଗ କେବଳ କୋଇଲାରୁ ମିଳେ ଏବଂ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ, ତୈଳ ଓ ଗ୍ୟାସରୁ ମିଳେ ତେବେ ଆମକୁ ଆନ୍ଦାଜ 24 କୋଟି ଟନ କୋଇଲା ଉତ୍ପାଦନ କରି ଦେଶସାରା ବାଣ୍ଟିବାକୁ ପଡ଼ିବ । 1973-74 ମସିହା ନିମିତ୍ତ କୋଇଲା ଉତ୍ପାଦନ କେବଳ 9·3 କୋଟି ଟନ ହେବାର ଲକ୍ଷ୍ୟ ଧାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇଛି । ତେଣୁ ଏହି 24 କୋଟି ଟନ୍ କୋଇଲା ଉତ୍ପାଦନ ଏକରକମ ଅସମ୍ଭବ ମନେ ହୁଏ ।

ବିକାଶମୁଖୀ ଦେଶମାନଙ୍କରେ ଏହି ନୂତନ ଶକ୍ତି ଉତ୍ସର (ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର) ପ୍ରଭାବ ପରିଲକ୍ଷିତ ହେଉଛି । କେଉଁ ଦେଶ କି ପରିମାଣରେ ଏହାଦ୍ୱାରା ଉପକୃତ ହେବ ତାହା କେତେକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିଷୟ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । କେଉଁ ଆକୃତି ଓ କେଉଁ କିସମର ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର, ପାୱାର ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବହୃତ ହେବ, ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ପ୍ରଚଳିତ ପାୱାର ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମତା, ବିଦ୍ୟୁତ ଗ୍ରିଡ଼ର ଆକାର, ଗ୍ରିଡ ଗ୍ରିଡ ମଧ୍ୟରେ ସଂପର୍କ ଏବଂ ଉନ୍ନତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉପକରଣ ଯୋଗାଇବା ନିମିତ୍ତ ଶିଳ୍ପ ସଂସ୍ଥା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଭାରତରେ 4ଟି ପ୍ରଧାନ ପ୍ରଧାନ ଆଞ୍ଚଳିକ ଗ୍ରିଡ୍ ଅଛି ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକଟିର ପ୍ରତିଷ୍ଠାପିତ କ୍ଷମତା 3000 ମେଗାୱାଟ୍ (ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି) । ଅତି ବେଶୀ ହେଲେ ପ୍ରତିଷ୍ଠାପିତ କ୍ଷମତାର ⅔ ଭାଗ ଏହି ଗ୍ରିଡ଼ଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଯେଉଁ ହାରରେ ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଛି ପ୍ରତି ଗ୍ରିଡ଼ରେ ବାର୍ଷିକ ଅତିରିକ୍ତ 400-500 ମେଗାୱାଟ୍ (ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି) ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ।

ସମଗ୍ର ପ୍ରତିଷ୍ଠାପିତ କ୍ଷମତାର ଶତକଡା 30-50 ଭାଗ, ଜଳବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇ ଥାଏ ଏବଂ ଭବିଷ୍ୟତରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ଯୋଗାଣ ଅବ୍ୟାହତ ରହିବ । ଭାରତରେ ମୌସୁମୀ ବାୟୁ ପ୍ରବାହର ବ୍ୟତିକ୍ରମ ହେତୁ ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କେରଳ ମୁଖ୍ୟତଃ ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । 1961-66 ମସିହା ମଧ୍ୟରେ ଅନିୟମିତ ବୃଷ୍ଟିପାତ ହେତୁ ଏହି ରାଜ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହ୍ରାସ ପାଇବାରୁ ବାର୍ଷିକ ହାରାହାରି କ୍ଷତି 7·5 କୋଟି ଟଙ୍କା ହୋଇଥିଲା । ନିର୍ଭର ଯୋଗ୍ୟ ପାୱାର ଯୋଗାଣ ଦ୍ୱାରା ଏହି କ୍ଷତିକୁ ଏଡ଼ାଇ ହୋଇପାରିଥାନ୍ତା ।

ଯଦି ବଡ଼ ଧରଣର ପାୱାର ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ, ତେବେ ପୁଞ୍ଜି ଲଗାଣ କମ୍ ହେବ । କିନ୍ତୁ ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ପାୱାରକୁ ଉପଯୋଗ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଶିଳ୍ପ ସଂସ୍ଥା

ଆବଶ୍ୟକ । କୋଇଲା ଚାଳିତ ବିଦ୍ୟୁତ କେନ୍ଦ୍ର ତୁଳନାରେ ଏହି ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପନ ଅତି ସୁବିଧାଜନକ । କୋଇଲା ଖଣିଠାରୁ ଦୂରବର୍ତ୍ତୀ ଅଞ୍ଚଳରେ ଯଥା ଉତ୍ତର ପଶ୍ଚିମ, ପଶ୍ଚିମ ଓ ଦକ୍ଷିଣାଞ୍ଚଳରେ ଯଦି 200 ମେଗାୱାଟ (ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି) CANDU-ଶ୍ରେଣୀସ୍ଥ ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ତେବେ ବ୍ୟୟ କମ୍ ହେବ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନ କରାହେଉଛି ସେ ସବୁ ଅଞ୍ଚଳକୁ କୋଇଲା 800-2000 କିଲୋମିଟର ଦୂରରୁ ପ୍ରେରିତ ହେଉଛି । ଭାରତରେ ମୁଖ୍ୟତଃ ବଙ୍ଗ ପ୍ରଦେଶ, ଓଡ଼ିଶା, ବିହାର ଓ ମଧ୍ୟପ୍ରଦେଶର କେତେକାଞ୍ଚଳରେ କୋଇଲା ମହଜୁଦ ଅଛି । ବହୁ ଦୂରରୁ କୋଇଲା ପ୍ରେରଣ, ନିମ୍ନ କ୍ୟାଲୋରୀଯୁକ୍ତ କୋଇଲା ହେତୁ ଉତ୍ପାଦନ ଖର୍ଚ୍ଚରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟୁଛି । ବମ୍ବେ, ଦିଲ୍ଲୀ, ମାନ୍ଦ୍ରାଜ ଅଞ୍ଚଳକୁ କୋଇଲା ଯୋଗାଇବା ନିମିତ୍ତ ପରିବହନ ଅସୁବିଧା ଦେଖାଦେଉଛି । ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ କରିବାକୁ ହେଲେ ଉପକୂଳବର୍ତ୍ତୀ ଅଞ୍ଚଳକୁ ଜାହାଜଯୋଗେ ଏବଂ ତାପରେ ରେଳଦ୍ୱାରା କୋଇଲା ପରିବହନ ହୋଇପାରେ । ନଚେତ୍ ଯେଉଁ ସ୍ଥାନ କୋଇଲାଖଣିଠାରୁ ଯେତେ ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ସେଠାରେ କୋଇଲା ଦର ସେତେ ଅଧିକ ହେବ ।

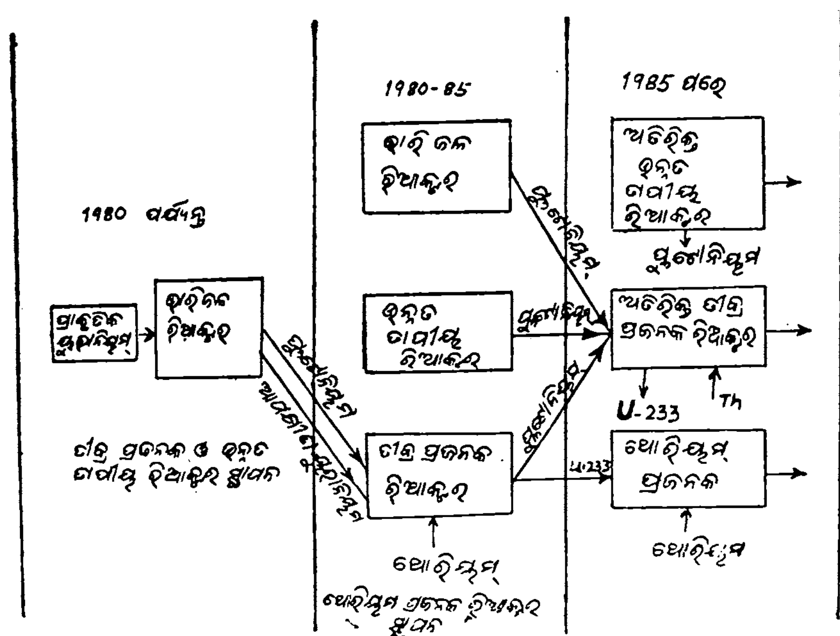
ଭାରତରେ ନୂତନ ତୈଳଭଣ୍ଡାର ଆବିଷ୍କୃତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଶକ୍ତିଶୂନ୍ୟତା ପୂରାପୂରି ମେଣ୍ଟି ପାରିବ ନାହିଁ । ତେଣୁ ତୈଳକୁ ବିଦେଶରୁ ଆମଦାନୀ କରିବାକୁ ହେବ । ଯଦି ତୈଳକୁ ଭିତ୍ତିକରି କୌଣସି ପାୱାର ଯୋଜନା କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୁଏ, ତେବେ ବେଶୀ ପରିମାଣରେ ବୈଦେଶିକ ଆମଦାନୀ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିବାକୁ ପଡ଼ିବ । ପଶ୍ଚିମ ଭାରତରେ ଭଣ୍ଡାରର ଜଳକୁ ବିନିଯୋଗ କରି ଜଳବିଦ୍ୟୁତ କେନ୍ଦ୍ର ଚାଳିତ ହେଉଛି । ଚରମଭାର (Peak Load) ନିମିତ୍ତ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ କେନ୍ଦ୍ର ଏବଂ ମୂଳଭାର (Base Load) ନିମିତ୍ତ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ଅତି ଉପଯୁକ୍ତ । ଯଦି ଉଭୟ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ କେନ୍ଦ୍ର ଏବଂ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ରକୁ ସଂଯୋଗକରି ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ, ତେବେ ଉଭୟ କେନ୍ଦ୍ରର ପରିଚାଳନା ବ୍ୟୟ ହ୍ରାସପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଖୁବ୍ ଶସ୍ତାରେ ମିଳିପାରିବ । ଯଦିଚ ମୌସୁମୀବାୟୁ ପ୍ରବାହରେ ବ୍ୟତିକ୍ରମ ଦେଖାଦିଏ, ତଥାପି ବିଦ୍ୟୁତ ଯୋଗାଣ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହେବ ନାହିଁ । ଭାରତର ଦକ୍ଷିଣାଞ୍ଚଳରେ ମୁଖ୍ୟତଃ ଜଳବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରନ୍ତି । ଗ୍ରୀଷ୍ମ ଋତୁରେ ଜଳଭଣ୍ଡାରର ଜଳପତନ ହ୍ରାସପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ଏବଂ ତଦନୁଯାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଯୋଗାଣ ମଧ୍ୟ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ରାଜସ୍ଥାନ, ଦିଲ୍ଲୀ ଏବଂ ପଞ୍ଜାବ ଅଞ୍ଚଳରେ ମଧ୍ୟ ଏତାଦୃଶ ପରିସ୍ଥିତି ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ଆଲୋଚନାରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତୀୟମାନ ହୁଏ ଯେ ଭାରତରେ ନଉକ୍ଲୟାର ପାଓ୍ୱାର ପ୍ରୋଗ୍ରାମକୁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କଲେ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଶୃଙ୍ଖଳା ମେଣ୍ଟିପାରିବ । ନଉକ୍ଲୟାର ପ୍ଲାଣ୍ଟସ୍ଥାପନ ନିମନ୍ତେ ପ୍ରାଥମିକ ପୁଞ୍ଜିଲଗାଣ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ, କିନ୍ତୁ ଏହାର ପରିଚାଳନା ବ୍ୟୟ ଅନ୍ୟ ପ୍ରଚଳିତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ତୁଳନାରେ କମ ।

1948 ଅଗଷ୍ଟ ମାସରେ ଭାରତର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କମିଶନ ଗଠିତ ହେଲ ଏବଂ ଏହାର ପ୍ରଥମ ଚେୟାରମ୍ୟାନ ଥିଲେ ସ୍ୱର୍ଗତ ଡକ୍ଟର ହୋମି. ଜେ. ଭାବା । ଡକ୍ଟର ଭାବା ଭାରତର ନଉକ୍ଲୟାର ପାଓ୍ୱାର ନିମନ୍ତେ ଏକ ଯୋଜନା ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଯାଇଛନ୍ତି ଏବଂ ତାଙ୍କର ପରିକଳ୍ପନା ବର୍ତ୍ତମାନ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଉଛି ।

ନିଉକ୍ଲୟାର ପାଓ୍ୱାର ଉନ୍ନୟନ ନିମନ୍ତେ ପରିକଳ୍ପନା (Strategy for Developemeat of Nuclear Power)

ଭାରତର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଉନ୍ନୟନ 3ଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ହେବ ବୋଲି ଲକ୍ଷ୍ୟ ଧାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇଛି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ. 62)

ପ୍ରଥମ ପର୍ଯ୍ୟାୟ—

ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ଓ ଭାରୀଜଳ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ଉପଯୋଗ କରି ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପିତ ହେବ । ଏଥିରୁ ବିଭଜନୀୟ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ବସ୍ତୁ ମିଳିପାରିବ । ଏହି ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଆସନ୍ତା 10 ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ ହେବାକୁ ଯାଉଥିବା ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରକୁ ଇନ୍ଧନ ଯୋଗାଇବ । ଉନ୍ନତ ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟର ଓ ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକର ମୂଳରୂପ (Prototype) ପରୀକ୍ଷା ପାଇଁ ନିର୍ମିତ ହେବ ଏବଂ ଏହି ନୂତନ ବୈଷୟିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରାୟୋଗିକ ଅଭିଜ୍ଞତା ହାସଲ କରାହେବ । CANDU-typeର ରିଆକ୍ଟର ବ୍ୟବହାର କରି 2700 Mw (e) ଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ—

ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍‌କୁ ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରରେ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ଉପଯୋଗ କରି ଅଧିକ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରାହେବ । ଥୋରିୟମ ଉପଯୋଗ କରି ତାପୀୟ ଓ ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରରୁ ବିଭଜନୀୟ u—233 ଉତ୍ପାଦିତ ହେବ । 1990 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା 11,400 Mw (e) ମିଳିପାରିବ ।

ତୃତୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟ—

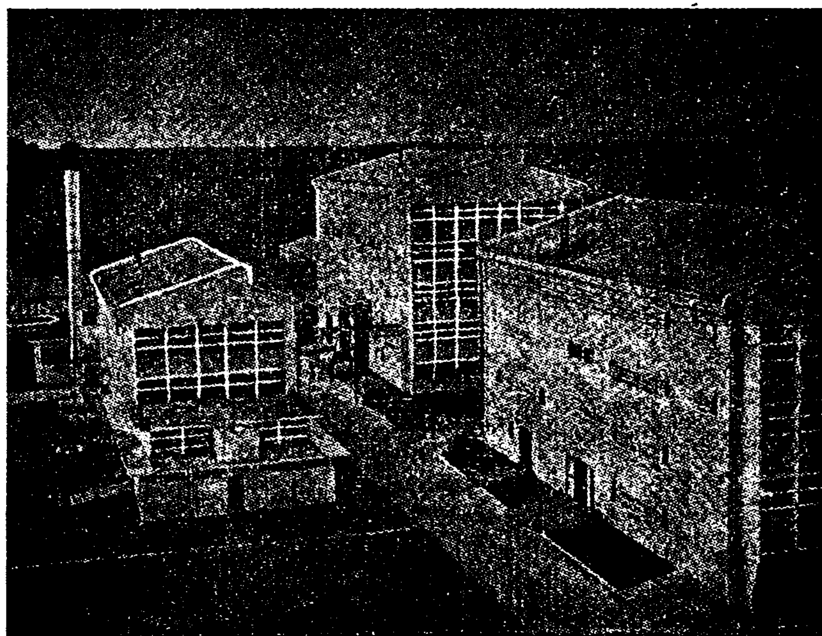
ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣରେ u—233 ଉତ୍ପାଦିତ ହେଲାପରେ ଏହା ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ଥୋରିୟମ୍ ପ୍ରଜନକ ପାୱାର ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବ । ଥୋରିୟମ ମଧ୍ୟ ଏଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବ । ଥୋରିୟମ୍ ପୁନର୍ବାର ଅଧିକ u—233 ରେ ପରିଣତ ହେବ । ଏହି ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ 4 ପ୍ରକାର ରିଆକ୍ଟର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବ । ଯଥା ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟର, ଉନ୍ନତ ତାପୀୟ ରିଆକ୍ଟର, ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରୁଥିବା ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର ଏବଂ ଥୋରିୟମ ଚକ୍ର ଉପଯୋଗ କରି ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର ।

ଏହି ଯୋଜନା ଅନୁଯାୟୀ 2000 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା 43,000 Mw (e) ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ ।

ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ପ୍ରୋଗାମରେ ଆତ୍ମନିର୍ଭରଶୀଳ ହେବାପାଇଁ କି କି ପଦକ୍ଷେପ ନିଆଯାଇଛି ତାହା ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ ।

ଆଟମିକ ମିନେରାଲ ଡିଭିଜନ (ଦିଲ୍ଲୀ) ଅଣୁବିକ ଶକ୍ତି ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ପୂର୍ବେକ୍ଷଣ (Prospecting) ଓ ସର୍ବେକ୍ଷଣ (Surveying) କରିଥାଏ । ୟୁରାନିୟମ, ଥୋରିୟମ, ବେରିଲିୟମ, କଲମ୍ବିୟମ-ଟାନଟାଲମ ଏହି ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ଏହି ବିଭାଗ ଦ୍ୱାରା ବିହାରରେ ମୋନାଜାଇଟ୍ ବାଲିଥିବାର ଜଣାପଡ଼ିଛି । ବିହାରର ମହଜୁଦ ଥିବା ମୋନାଜାଇଟ୍, କେରଳ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସୁଦ୍ଧା ଜଣାଥିବା ମୋନାଜାଇଟ୍‌ରୁ 500,000 ଟନ ଥୋରିୟମ ମିଳିପାରିବ ।

ଭାରତର ଦକ୍ଷିଣ ପଶ୍ଚିମ ବେଳାଭୂମିରେ ଏହି ମୋନାଜାଇଟ୍ "କଳାବାଲି" ମିଳିଥାଏ । ଯାନ୍ତ୍ରିକ ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ଏହି ବାଲିରୁ ଇଲମେନାଇଟ (Ilmenite) ଓ ମୋନାଜାଇଟ୍ ପୃଥକ କରାହୁଏ । ଇଲମେନାଇଟ୍‌ର ଉପସ୍ଥିତିରେ ବାଲି କଳା ଦେଖାଯାଏ । ଇଲମେନାଇଟ୍‌ରେ ଶତକଡ଼ା 50-60 ଭାଗ ଟିଟାନିୟମ ଡାଇଅକସାଇଡ୍ ଥାଏ । ବିଶୁଦ୍ଧ



[ଚିତ୍ର ୬୩—ଭାରତୀୟ ରେଆର ଆରଥ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (ଆଲୱେ)]

ଅବସ୍ଥାରେ ରଙ୍ଗ, ପ୍ଲାଷ୍ଟିକରେ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ । ମୋନାଜାଇଟ

ରେଆର ଆରଥ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (ଆଲୱେକ୍) ପଠାଯାଇ ସେଠାରେ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା କରାଯାଏ । ମୋନାଜାଇଟ୍‌ରେ ଶତକଡ଼ା 60 ଭାଗ ରେଆର ଆରଥ୍ ଥାଏ । ଏହି ରେଆର ଆରଥ୍ ନିଷ୍କାସନ ପରେ ଟ୍ରାଇସୋଡ଼ିୟମ ଫସଫେଟ୍ ଉପ-ପଦାର୍ଥ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ କେକ୍, ଥୋରିୟମ ହାଇଡ୍ରକସାଇଡ଼ ଓ ୟୁରାନିୟମ୍ । ଟ୍ରାଇସୋଡ଼ିୟମ୍ ଫସଫେଟ୍ ବିଶୋଧକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

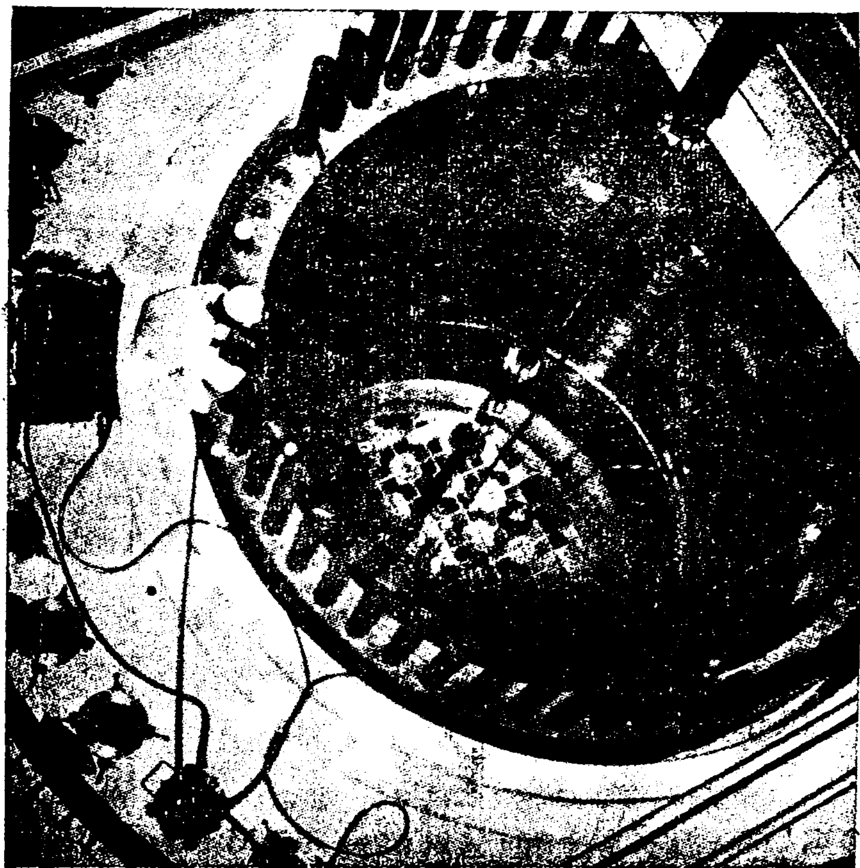
ଆଲୱେରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ଥୋରିୟମ୍ ହାଇଡ୍ରକସାଇଡ ଟ୍ରମ୍ବେସ୍ଥିତ ବିଭାଗୀୟ ଥୋରିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟକୁ ପଠାଯାଏ । ଏଠାରେ ଥୋରିୟମ୍ ହାଇଡ୍ରକସାଇଡ ବିଶୁଦ୍ଧ ଥୋରିୟମ୍ ନାଇଟ୍ରେଟ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଉପଜାତ ଦ୍ରବ୍ୟ ୟୁରାନିୟମ୍ ଫ୍ଲୁରାଇଡ ଅଟେ । ଏହି ଥୋରିୟମ୍‌ପ୍ଲାଣ୍ଟ ପୃଥିବୀର ଏକ ବୃହତ୍ତମ ପ୍ଲାଣ୍ଟ । ଭାରତୀୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓ ଇଂଜିନିୟରମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଏହାର ଡିଜାଇନ ଓ ନିର୍ମାଣ ହୋଇଛି । ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ଗ୍ୟାସ ମାଣ୍ଟଲ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇ ପୂର୍ବ ୟୁରୋପ ଓ ଆମେରିକାକୁ ପଠାଯାଏ । ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ଥୋରିୟମ ଅକ୍‌ସାଇଡ଼ ମଧ୍ୟ ମିଳିଥାଏ ଯାହା u-233 ଉତ୍ପାଦନରେ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଏହି ଥୋରିୟମ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ମିଳୁଥିବା ୟୁରାନିୟମ ଫ୍ଲୁରାଇଡ୍, ନିଉକ୍ଲିୟାର ଗ୍ରେଡ଼ ୟୁରାନିୟମ ଧାତୁରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ZERLINA ଓ CIR ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ୟୁରାନିୟମ ଧାତୁ ଯୋଗାଇଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ

ବର୍ତ୍ତମାନ ସୁଦ୍ଧା 4ଟି ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି ଏବଂ ଏମାନଙ୍କଠାରୁ ବିଭିନ୍ନ ପରିମାଣର ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ ।

(1) ତାରାପୁର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର
(Tarapur Atomic Power Station)

ଏହା ଏସିଆର ବୃହତ୍ତମ ଓ ଭାରତର ସର୍ବପ୍ରଥମ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର । ତାରାପୁର ବମ୍ବେ ସହରର 100 କିଲୋମିଟର ଉତ୍ତରକୁ ଅବସ୍ଥିତ । ଆମେରିକାର ଜେନେରାଲ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରିକ୍ କମ୍ପାନି ଦ୍ୱାରା ନିର୍ମିତ । ଏଥିରେ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ଏବଂ ହାଲୁକା ଜଳ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ଏହା 380Mw (e) ଉତ୍ପାଦନ କରି ମହାରାଷ୍ଟ୍ର ଓ ଗୁଜରାଟ ପ୍ରଦେଶକୁ ଯୋଗାଉଛି । ଏଥିରେ ଦୁଇଟି ୟୁନିଟ୍ ଅଛି ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ୟୁନିଟ 200Mw (e) ଉତ୍ପାଦନ କରିଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 64—ତାରାପୁର କେନ୍ଦ୍ର, ରିଆକ୍ଟରରେ ଇନ୍ଧନ ବୋଝେଇ ହେଉଛି)



(ଚିତ୍ର ନଂ 65—ଇନ୍ଧନ ପରୀକ୍ଷା)

(2) ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ—
(Rajasthan Atomic Power Project)

ରାଣାପ୍ରତାପ ସାଗରଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଭାରତର ଦ୍ୱିତୀୟ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର । ଏଥିରେ ଦୁଇଟି ୟୁନିଟ୍ ଅଛି । ପ୍ରଥମ ୟୁନିଟ୍‌ରୁ 200Mw ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ୟୁନିଟ୍‌ରୁ 200Mw ଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ । କାନାଡ଼ା ସହାୟତାରେ ନିର୍ମିତ । ଉଭୟ ରିଆକ୍ଟର CANDU-ଶ୍ରେଣୀୟ । ଭାରୀଜଳ, ଶୀତଳକ ଓ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ଏବଂ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଛି । ଦ୍ୱିତୀୟ ୟୁନିଟ୍‌ରୁ 1975 ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ । ପ୍ରଥମ ୟୁନିଟ୍ 1972 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 11 ତାରିଖରେ କ୍ରାନ୍ତିକତା ହାସଲ କରିଥିଲା । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଏହାର ଉପଜାତ ଦ୍ରବ୍ୟ । ୟୁନିଟ୍ 1 ରେ ବ୍ୟବହୃତ ଉପକରଣମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଶତକଡ଼ା 60ଭାଗ ଓ ୟୁନିଟ୍ 2 ରେ ବ୍ୟବହୃତ ଉପକରଣମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଶତକଡ଼ା 40 ଭାଗ ବିଦେଶରୁ ଆମଦାନୀ ହୋଇଛି ।

(3) ମାଡ୍ରାସ ଆଟମିକ ପାୱାର ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ—
(Madras Atomic Power Project)

ମାଡ୍ରାସ ସହରର 80 କିଲୋମିଟର ଦକ୍ଷିଣକୁ କାଲପାକମ୍ ଅବସ୍ଥିତ । ଭାରତର ଏହା ତୃତୀୟ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର । ଏଥିରେ ଦୁଇଟି ୟୁନିଟ୍ ଅଛି ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ CANDU-ଶ୍ରେଣୀୟ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକରୁ 200Mw (e) ମିଳିପାରିବ । ଏହାର ବିଶେଷତ୍ୱ ଏହି ଯେ ଏଥିରେ ଶତକଡ଼ା 80 ଭାଗ ସ୍ୱଦେଶୀ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ଅଛି । ପ୍ରଥମ ୟୁନିଟ 1976 ମସିହା ଜୁଲାଇରେ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମତା ହାସଲ କରିବାର ସମ୍ଭାବନା ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ୟୁନିଟ୍‌ର ନିର୍ମାଣ କାର୍ଯ୍ୟ ଆଗେଇ ଚାଲିଛି । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଏହାର ଉପଜାତ ଦ୍ରବ୍ୟ ।

ଏହି କାଲପାକମଠାରେ ରିଆକ୍ଟର ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର (RRC) ଓ ତୀବ୍ର ପ୍ରଜନକ ପରୀକ୍ଷା ରିଆକ୍ଟର (FBTR) ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । FBTR ଇନ୍ଧନ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍ ଓ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍‌ର ଏକ ମିଶ୍ରଣ ହେବ । ଏଥିରୁ 50Mw ତାପୀୟ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହେବ । ଦୁଇଟି ବନ୍ଦ ପରିପଥ ଦେଇ ତରଳ ସୋଡ଼ିୟମ ରିଆକ୍ଟରରୁ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରି 480°C ଓ 124 ବାୟୁ ମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପରେ ବାଷ୍ପରେ ପରିଣତ କରିବ । ଏହି ବାଷ୍ପଦ୍ୱାରା ଟରବୋ-ଜେନେରେଟର ଚାଲି ଏଥିରୁ 15Mw (e) ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ ।

ରିଆକ୍ଟର ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ରରେ ଆଉ କେତେକ ସୁବିଧା ସୁଯୋଗ ରହିବ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ Pulsed Fast Reactor ରହିବ । ଏହି PFRରୁ ଆବର୍ତ୍ତିତ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ କିରଣ ମିଳିପାରିବ । ଷ୍ଟେନଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ଆବରଣ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍ ଇନ୍ଧନ ପିନ୍ ନେଇ ଏହାର କୋଡ ନିର୍ମିତ । ବାୟୁ ଶୀତଳନ ଦ୍ୱାରା ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ହେବ । ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିଫଳକ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ 3000 ଥର ରିଆକ୍ଟର ସମ୍ମୁଖରେ ଘୂରି ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 50ଟି ପଲ୍‌ସ ସୃଷ୍ଟି କରିବ । 1973 ସୁଦ୍ଧା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ।

(4) ଉତ୍ତର ପ୍ରଦେଶର ବୁଲନ୍ଦସର୍ ଜିଲ୍ଲାର ନାରୋରାଠାରେ ଭାରତର ଚତୁର୍ଥ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପିତ ହେବାର ନିଷ୍ପତ୍ତି ହୋଇଛି । ଏଥିରେ ଦୁଇଟି ୟୁନିଟ୍ ରହିବ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକରୁ 235Mw(e) ମିଳିପାରିବ । ଭବିଷ୍ୟତରେ ଏହାକୁ ସଂପ୍ରସାରିତ କରି ଏଥିରୁ ଅତିରିକ୍ତ 500Mw (e) ମିଳିପାରିବ । ନିର୍ମାଣ କାର୍ଯ୍ୟ 1974 ମସିହା ଶେଷ ଭାଗକୁ ବା 1975 ମସିହା ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଆରମ୍ଭ ହେବ । ପ୍ରଥମ ୟୁନିଟରୁ 1980

ମସିହାରେ ଏବଂ ଦ୍ୱିତୀୟ ୟୁନିଟ୍‌ରୁ 1981 ମସିହାରେ ଉତ୍ପାଦନ ଆରମ୍ଭ ହେବାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ।

ଭାରତରେ ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ 4ଟି ରିଆକ୍‌ଟର ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା APSARA, CIRUS, ZERLINA ଓ PURNIMA ।

ଅପସରା (APSARA)—(ସ୍ୱିମିଙ୍ଗ୍ ପୁଲ ରିଆକ୍‌ଟର) ଏହା ଭାରତର ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସର୍ବପ୍ରଥମ ରିଆକ୍‌ଟର ଅଟେ । ଭାରତୀୟ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଏହି ରିଆକ୍‌ଟର ନିର୍ମିତ ।

କିମ୍ବଦନ୍ତୀ ପ୍ରସିଦ୍ଧ Sea Meymaid (ଅପସରା)ର ଅଧେ ସମୁଦ୍ରରେ ଓ ଅଧେ ସମୁଦ୍ର ବାହାରେ ଥାଏ । ଏହି ରିଆକ୍‌ଟରର ମଧ୍ୟ ଅଧେ ଜଳମଧ୍ୟରେ ଓ ଅଧେ ଉପରେ ରହିଥିବାରୁ ଏହାକୁ ଅପସରା ନାମରେ ନାମିତ କରାଯାଇଛି ।

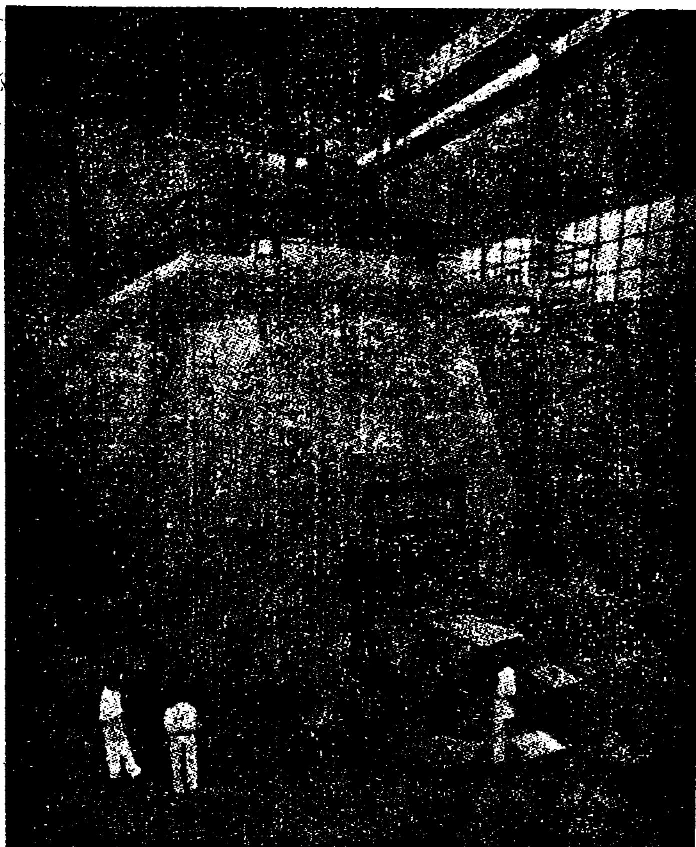
ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଡିଜାଇନ (Basic Designs):—ଏହି ରିଆକ୍‌ଟରର ଗୋଟିଏ ବିଶେଷତ୍ୱ ହେଲା ଏହାର କୋର୍‌କୁ ତିନୋଟି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ରଖାଯାଇ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇପାରେ । ଜଳକୁଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ କୋର ନିମଜ୍ଜିତ । ଏହି ରିଆକ୍‌ଟରରେ ଜଳ ଶୀତଳକ, ମନ୍ଦକ, ପରିରକ୍ଷକ ଓ ପ୍ରତିଫଳକର କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଏହି 3ଟି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିକରେ କୋର୍‌କୁ ରଖି କଂକ୍ରିଟ ପରିରକ୍ଷକକୁ ଖୋଲି ଦିଆଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ନିଉଟ୍ରନ୍ ବିକିରଣ ଅବଶୋଷଣ କରୁଥିବା ପରୀକ୍ଷାଗୁଡ଼ିକ କରିହୁଏ । ପରିରକ୍ଷକ ଓ ଜୈବିକ ତନ୍ତୁରେ ବିକିରଣ ଜନିତ ପ୍ରଭାବ ଲକ୍ଷ କରାହୁଏ ।

ରିଆକ୍‌ଟରରେ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଏହି ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ United Kingdom Atomic Energy Authortyରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଶକ୍ତିହାର 1,000 କିଲୋୱାଟ (ତାପୀୟ), କିନ୍ତୁ ଏହା ସାଧାରଣତଃ 400 କିଲୋୱାଟ୍‌ରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

ରିଆକ୍‌ଟର ହଲ (Reactor Hall)

ରିଆକ୍‌ଟର ହଲ $30{\cdot}5 \times 15{\cdot}2 \times 18{\cdot}3$ ମିଟର ଅଟେ । ଏହି ହଲର ଉପରେ ଛାତ ନିକଟରେ ଏକ ଚଳନଶୀଳ କ୍ରେନ୍ ଅଛି । ଏହି କ୍ରେନ୍ 5ଟନ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଭାର ବହନ କରି ହଲ୍‌ର ଏକ ପାନ୍ତରୁ ଅନ୍ୟପ୍ରାନ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯାଇପାରେ । ପ୍ରୟୋଗିକ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ (Experimental Room) ଏବଂ ରିଆକ୍‌ଟରର ବିଭିନ୍ନ ସାହାଯ୍ୟକାରୀ ଅଂଗ ତଳ

ମହଲରେ ଅବସ୍ଥିତ । ପ୍ରୟୋଗିକ ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଠିକ୍ ଉପରେ ପ୍ରଥମ ମହଲାରେ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ (Control Room) ଅବସ୍ଥିତ ।

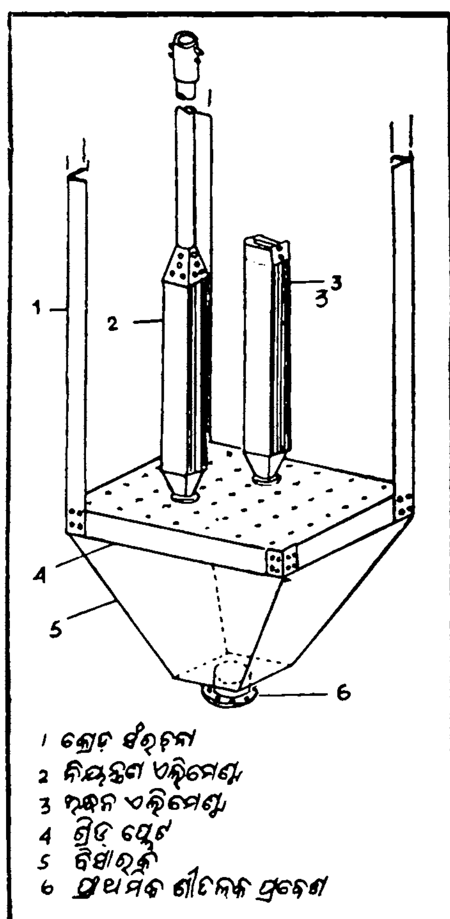


(ଚିତ୍ର ନଂ 66—ରିଆକ୍ଟର ହଲ—ଅପସରା)
(ବିଭିନ୍ନ ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ ଥିବା ସୁବିଧା ଦର୍ଶାଯାଇଛି)

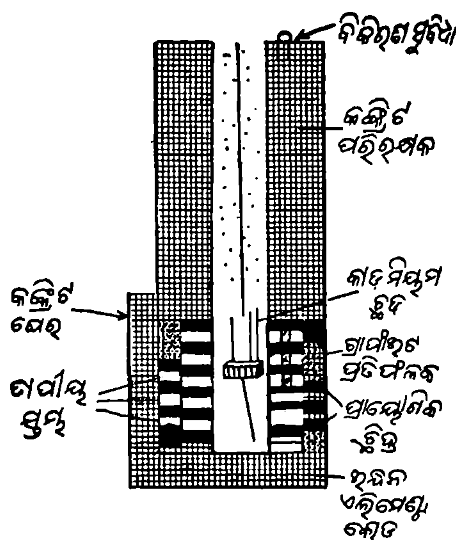
ରିଆକ୍ଟର କୁଣ୍ଡ (Reactor Pool)—ରିଆକ୍ଟର କୁଣ୍ଡ 8.5×3.0 ×8·2 ମିଟର ଗଭୀର ଅଟେ । ଟାଙ୍କିର କାନ୍ଥ ଖୁବ୍ ମଜବୁତ କଂକ୍ରିଟରେ ଗଠିତ । 3ମିଟର ଉଚ୍ଚତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କଂକ୍ରିଟ କାନ୍ଥର ମୋଟେଇ 2·6 ମିଟର । କାନ୍ଥର ମୋଟେଇ ଉପରକୁ କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । 6·4 ମିଟର ଉଚ୍ଚତାରେ ଏହାର ମୋଟେଇ 0·9 ମିଟର । କୁଣ୍ଡର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ପଲିଭିନାଇଲ୍ ଟ୍ରାଇପଲିମରର୍ ଏକ ପ୍ରଲେପ (Paint) ଦିଆଯାଇଥାଏ ।

7·5 ମିଟର ଉଚ୍ଚତାରେ ଦୁଇଟି ଜଳମାର୍ଗ ଥାଏ ଏବଂ ଏହି ମାର୍ଗ ଦେଇ ଅଧିକ ଜଳ ନିଷ୍କାଶିତ ହୋଇଥାଏ ।

କ୍ରୋଡ଼(Core):—ଏକ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ଗ୍ରିଡ୍ ପ୍ଲେଟ୍ 56 × 56 × 15 ସେ:ମି ନେଇ ରିଆକ୍ଟର କ୍ରୋଡ ଗଠିତ । 7 × 7ସେ:ମି ଜାଲକ (Lattice) ମଧ୍ୟରେ 49ଟି ଛିଦ୍ର (Hole) ଅଛି । ଏହି ଛିଦ୍ର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଇନ୍ଧନଛଡ଼, ପ୍ରତିଫଳକ ଏବଂ ଆଇସୋଟୋପ ରଖିବା ପାଇଁଯାଇଥାଏ । ଆଲୁମିନିୟମ୍ ଫ୍ରେମ୍ ଦ୍ୱାରା ଗ୍ରିଡ୍ ପ୍ଲେଟ୍ ଟ୍ରେଲାରୁ ଝୁଲାଯାଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 67— କ୍ରୋଡ଼ ସମାବେଶ—ଅପସରା)



(ଚିତ୍ର ନଂ 68—ସ୍ୱିମିଙ୍ଗ୍ ପୁଲ ରିଆକ୍ଟରର ପାର୍ଶ୍ୱ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କାଟ—ଅପସରା)

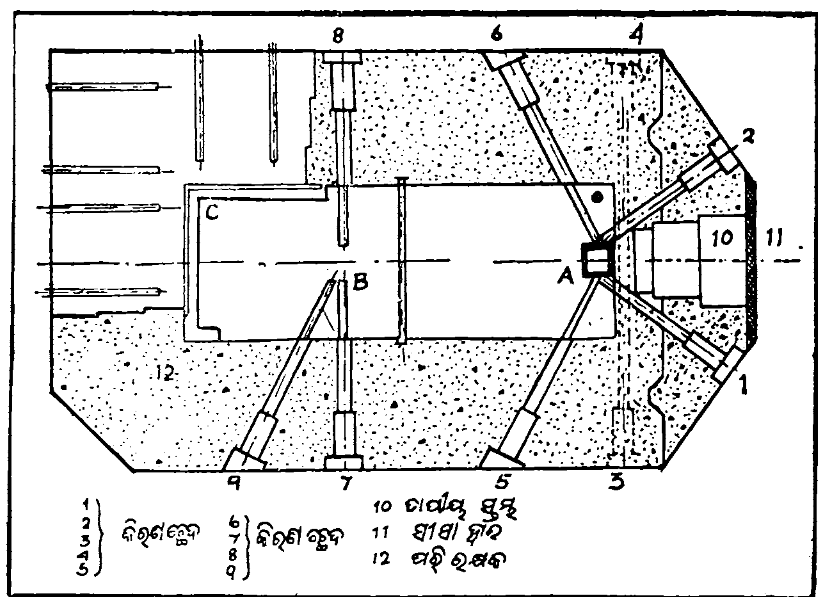
ଶୀତଳକ ପଦ୍ଧତି (Coolant System) :—

ଏହି ଶୀତଳକ ପଦ୍ଧତି ପ୍ରାଥମିକ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟକ ପରିପଥ ଓ କେତେକ ସହାୟକ ପରିପଥ ନେଇ ଗଠିତ । 100 କିଲୋୱାଟରୁ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଉଚ୍ଚ ଶକ୍ତିରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ବେଳେ କୁଣ୍ଡରେ ଥିବା 204,000 ଲିଟର ଜଳରୁ କୋର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ 900 ଲିଟର ଜଳ ସଂଚଳିତ ହୋଇଥାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟକ ଶୀତଳକ ତାପବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ର ଦେଇ ଯାଇଥାଏ । ଏବଂ ଉତ୍ପାଦିତ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତର ଏହି ବିନିମୟ ଯନ୍ତ୍ରରେ ହୋଇଥାଏ । ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ପରେ ଜଳ ପୁନର୍ବାର ରିଆକ୍ଟର କୋରକୁ ଫେରି ଆସିଥାଏ । ଜଳର ବିଶୁଦ୍ଧି କରଣ ନିମିତ୍ତ କେତେକ ସହାୟକ ଯନ୍ତ୍ର ଥାଏ ଏବଂ ଏମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଜଳର **PH** 6.5 ରୁ 7.5 ମଧ୍ୟରେ ରହିଥାଏ ।

ପ୍ରାୟୋଗିକ ସୁବିଧା (Experimental Facilities)

କୋର ଚଳନଶୀଳ ହେଲାରୁ ଟେକି ନିଆଯାଇଥିବାରୁ ଏହାର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥିତିରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପରୀକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ସୁଯୋଗ ମିଳିଥାଏ ।

'A' ସ୍ଥିତିରେ 6ଟି କିରଣ ଛେଦ (Beam Hole) ଅଛି । ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଦୁଇଟି କୋର ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳଭାବେ ତାପୀୟ ସ୍ତମ୍ଭ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଏକ ପଥ ଚାଲି ଯାଇଛି । ଏହି ପଥକୁ ରାବିଟ୍ ହୋଲ (Rabbit Hole) କହନ୍ତି । ଏହି ରାବିଟ ହୋଲ କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିରକ୍ଷକର ଏକପ୍ରାନ୍ତରୁ ଅନ୍ୟପ୍ରାନ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବ୍ୟାପ୍ତ । ଏହି ସ୍ଥିତିରେ କୋର, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ତାପୀୟ ସ୍ତମ୍ଭର ସମ୍ମୁଖୀନ ହୋଇଥାଏ । କୋରରୁ ନିର୍ଗତ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ଏହି ତାପୀୟସ୍ତମ୍ଭଦ୍ୱାରା ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।



ଚିତ୍ର ନଂ 69—ଅପସରା ରିଆକ୍ଟରର ଭୂସମାନ୍ତରାଳ କାଟ
(Horizontal Section of Apsara Swimming Pool Reactor)

'B' ସ୍ଥିତି ଓ 'A' ସ୍ଥିତି ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା 5.5 ମିଟର । ଏଠାରେ 3ଟି କିରଣ ପଥ ଅଛି । ଏଠାରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ, ବିକିରଣ କ୍ଷତି ଓ ଜୈବିକ ପଦାର୍ଥର ପରୀକ୍ଷାଗୁଡ଼ିକ କରିବା ନିମିତ୍ତ ସୁବିଧା ଅଛି ।

'C' ସ୍ଥିତି, 'A' ସ୍ଥିତିର ଠିକ ବିପରୀତରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏଠାରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପରିରକ୍ଷଣ ବସ୍ତୁର ଧର୍ମାବଳୀ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇଥାଏ । କଂକ୍ରିଟ କାନ୍ଥ ବାହାରରେ

ଗୋଟିଏ 2·5. ସେ. ମି. ଆଲୁମିନିୟମ ପାନେଲ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । ରିଆକ୍ଟର କୋର ଭିତରପଟେ ଥାଇ ଯେଉଁ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ଧର୍ମ ପରୀକ୍ଷା କରିବାକୁ ହୁଏ ତାହାକୁ ପାନେଲ ବାହାରପଟେ ରଖାଯାଏ । ରିଆକ୍ଟରକୁ ପୂର୍ଣ୍ଣରୂପେ ବନ୍ଦକରିବା ନିମିତ୍ତ 50,000 kg ଓଜନର କଂକ୍ରିଟ ବ୍ଲକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ ।

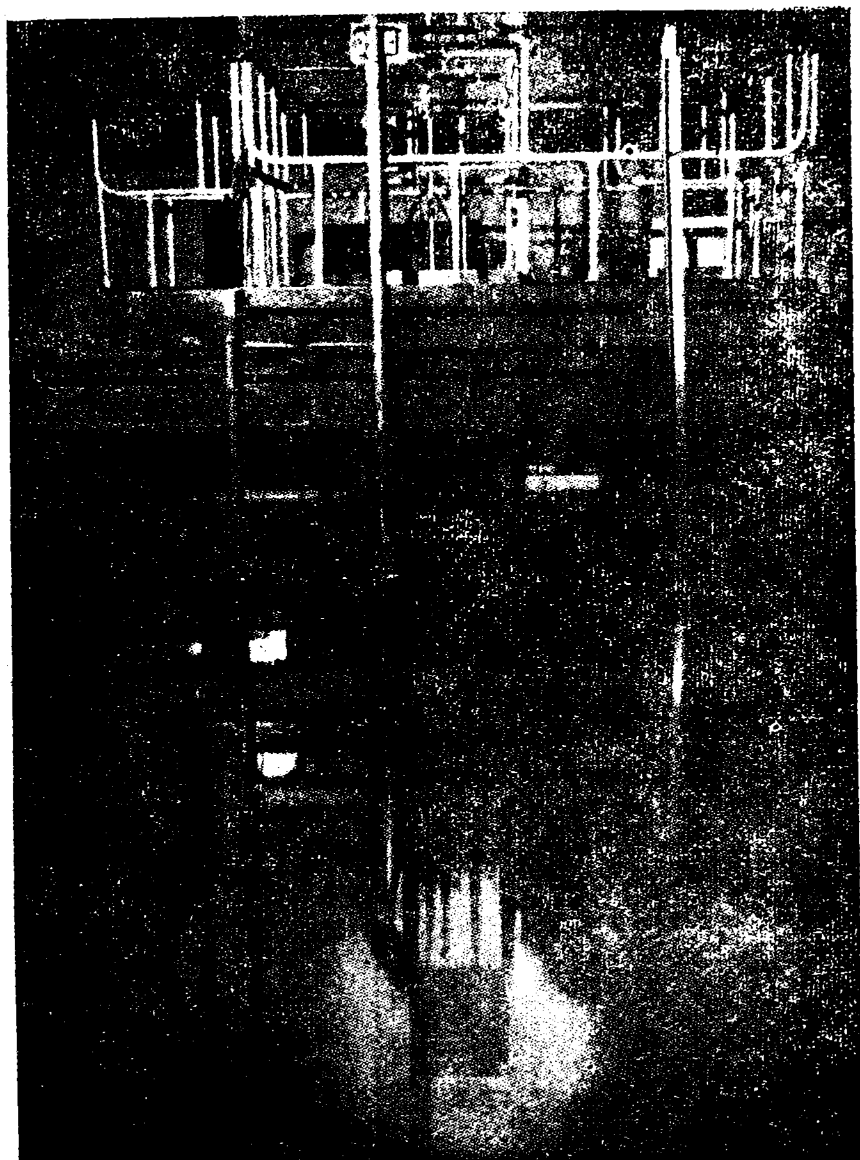
ତିନୋଟି ସ୍ଥାନରେ ପରୀକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ସୁବିଧା ରହିବାର ବିଶେଷତ୍ୱ ଏହି ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥିତିରେ ପରୀକ୍ଷା ଚାଲିଥିଲେ ଅନ୍ୟ ଦୁଇଟି ସ୍ଥିତିରେ ପରୀକ୍ଷାନିମିତ୍ତ ଉପକରଣ ସଜା ଯାଇପାରେ ବା ପରୀକ୍ଷାପରେ ଉପକରଣ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରାଯାଇପାରେ ।

ରାସାୟନିକ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ (Chemical Control)

କୁଣ୍ଡରେ ପ୍ରଥମେ ଖଣିଜ ଲବଣଶୂନ୍ୟ ଜଳ ରଖାଯାଇଥାଏ । ରିଆକ୍ଟର ପରିଚାଳନା ସମୟରେ ଏହି କୁଣ୍ଡର ଜଳରେ ସିଲିକା, କାଲସିୟମ୍, ସୋଡ଼ିୟମ୍, ଲୌହ ପ୍ରଭୃତି ଅପଦ୍ରବ୍ୟ ମିଶିଥାଏ । ଏହି ଅପଦ୍ରବ୍ୟ ପଦାର୍ଥ ଗୁଡ଼ିକର ଉପସ୍ଥିତିରେ କୁଣ୍ଡ ଜଳର PHରେ ବୃଦ୍ଧି ଘଟି କ୍ଷାରୀୟସ୍ତର (Alkaline Range) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯାଇଥାଏ । ଏହି କ୍ଷାରୀୟ ଅଂଶ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ରତି କ୍ଷତିକାରକ । ଏହି ଅପଦ୍ରବ୍ୟ ପଦାର୍ଥଦ୍ୱାରା କୁଣ୍ଡ ଜଳର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧିପାଇଥାଏ । କୁଣ୍ଡରୁ ପ୍ରତି ମିନିଟରେ 23 ଲିଟର ଜଳ ଖଣିଜ ଲବଣ ଶୂନ୍ୟ କରୁଥିବା ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରିଥାଏ ଏବଂ ବିଶୁଦ୍ଧଜଳ କୁଣ୍ଡମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ ।

କ୍ରାନ୍ତିକତା ହାସଲ (Criticality Approach)

1956 ମସିହା ଜୁଲାଇ 30 ତାରିଖରେ ରିଆକ୍ଟରରେ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରଭୃତି ପୂର୍ତ୍ତି କରାଯାଇ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଥିଲା ଏବଂ 1956 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 4 ତାରିଖ ଶନିବାର ଦିନ ଘ3 ମି45 ସମୟରେ ଏହା କ୍ରାନ୍ତିକତା ହାସଲ କରିଥିଲା । 8½ ବର୍ଷ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉତ୍ତମ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ପରେ 1965 ଜାନୁୟାରୀରୁ ଜୁନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହାକୁ ମରାମତି କରିବା ନିମିତ୍ତ ବନ୍ଦ କରାଯାଇ ଦ୍ୱିତୀୟ ଥର ପାଇଁ ଇନ୍ଧନ ପୂରଣ କରାଯାଇଥିଲା । 1965 ମସିହା ଜୁନ୍ 12 ତାରିଖ ଅପରାହ୍ଣ 4ଟାବେଳେ 2·68 kg u-235 ଇନ୍ଧନ ଦ୍ୱିତୀୟଥର ପାଇଁ ରିଆକ୍ଟରରେ ରଖାଯାଇଥିଲା । ଏବଂ 1965 ମସିହା ଜୁନ 13 ତାରିଖ ସକାଳ ଘ7 ମି30ରେ ଏହା କ୍ରାନ୍ତିକତା ହାସଲ କରିଥିଲା ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 70—ଅପସରା କୁଣ୍ଡରେ ସେରେନକୋଭ୍ ଆଲୋକ ଦୀପ୍ତି)
(Cerenkov Glow in the Pool of Apsara)

ଯେତେବେଳେ ଏହି ରିଆକ୍ଟର କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମତା ହାସଲ କରେ, କୋର୍ଡ଼ ଚତୁଃ-ପାର୍ଶ୍ୱର ଜଳରୁ ଏକ ନୀଳାଭ ସେରେନକୋଭ୍ ଆଲୋକ ଦୀପ୍ତି (Cerenkov Glow) ଦେଖାଦେଇଥାଏ । ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଜଳ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତି କଲେ ଏହି ପ୍ରକାର ଦୀପ୍ତି ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ । ଦିନବେଳେ ମଧ୍ୟ ଏହି ଦୀପ୍ତି ସ୍ପଷ୍ଟ ରୂପରୁ ଦେଖିହୁଏ ।

ସାଇରସ୍ (CIRUS)

Canada India Reactor ଏହି ତିନିଗୋଟି ଶବ୍ଦର ମୂଳ ଅକ୍ଷର ନେଇ CIR ଶବ୍ଦ ଗଠିତ । CIR ଟ୍ରମ୍ବେରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଏହା ଦ୍ୱିତୀୟ ଭାରତୀୟ ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟର ଅଟେ । ଆମ ସୌର ଜଗତର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ନକ୍ଷତ୍ର ସାଇରସ (CIRUS) ନାମରେ ଏହା ପୁନର୍ନାମିତ ହୋଇଛି ।

1956 ମସିହା ପ୍ରାରମ୍ଭରେ କଲମ୍ବୋ ଯୋଜନା ଅନୁଯାୟୀ କାନାଡ଼ାର ସହାୟତାର 40 ମେଗାୱାଟ ପ୍ରୟୋଗିକ ରିଆକ୍ଟରର କାର୍ଯ୍ୟ ଆରମ୍ଭ ହୋଇଥିଲା । ଭାରତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ସ୍ଥାନ, ସହାୟକ ପଦାର୍ଥ, ନିପୁଣ କାରିଗର ଓ ସାଧାରଣ ଶ୍ରମିକ ଯୋଗାଇଥିଲା ଏବଂ କାର୍ଯ୍ୟ ନିର୍ବାହଣ ଭାର ମଧ୍ୟ ନେଇଥିଲା । ରିଆକ୍ଟର ଡିଜାଇନ, ସହାୟକ ଉପକରଣ ଗୁଡ଼ିକର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶ ଯୋଗାଣ, ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପନ, ପରୀକ୍ଷା ଏବଂ ତାପ ଶକ୍ତିର ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଯାହା ଯାହା ଆବଶ୍ୟକ ତାହା କରିବା ଥିଲା କାନାଡାର ଦାୟିତ୍ୱ ।

କାନାଡାର ଚକ୍‌ରିଭର (Chalk River)ରେ ଅବସ୍ଥିତ NRX ପ୍ରାୟୋଗିକ ରିଆକ୍ଟର ଢାଞ୍ଚାରେ ଏହି CIRUS ନିର୍ମିତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଏହା ତାହାଠାରୁ କେତେକାଂଶରେ ଭିନ୍ନ । ଏଥିରେ ରିଆକ୍ଟର ବସ୍ତୁ ଗୁଡ଼ିକର ପରୀକ୍ଷା ନିମିତ୍ତ ସୁବିଧା ଅଛି ଏବଂ ଟ୍ରମ୍ବେର ଭୌଗୋଳିକ ପରିସ୍ଥିତି ଓ ଜଳବାୟୁ ଅନୁସାରେ ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇଛି ।

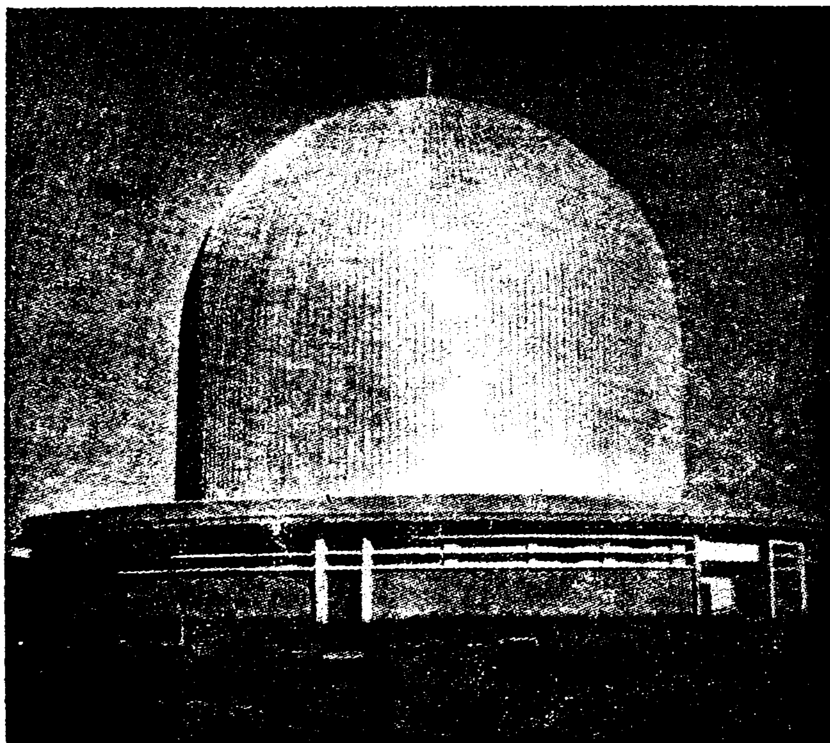
ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ (ପ୍ରାୟ 10 ଟନ) ଇନ୍ଧନ ରୂପେ, ଭାରୀଜଳ (ପ୍ରାୟ 21 ଟନ) ମନ୍ଦକରୂପେ ଏବଂ ତାଜା ସାଧାରଣ ଜଳ ଶୀତଳକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମାଣ (Reactor Building)—

CIRUS ରିଆକ୍ଟର ଜନାକୀର୍ଣ୍ଣ ବମ୍ବେ ନଗରର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହି ରିଆକ୍ଟରର ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଯେପରି ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଜନବସତି ଉପରେ କୌଣସି

ପ୍ରଭାବ ନ ପକାଇବ ସେଥି ନିମିତ୍ତ ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଇଛି । ଏପରିକି ଯଦି କୌଣସି କାରଣରୁ କୌଣସି ଦୁର୍ଘଟଣା ଘଟେ ତେବେ ବିଭାଜନ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରଭାବରୁ ରକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବସ୍ଥା ହୋଇଛି ।

120' ବ୍ୟାସ ଓ 134' ଉଚ୍ଚ ଚାପନିରୁଦ୍ଧ (Pressure Tight) ଷ୍ଟିଲ ଖୋଲ ରୋଟଣ୍ଡା (Rotunda) ମଧ୍ୟରେ ଏହି ରିଆକ୍ଟର ଅବସ୍ଥିତ । ଷ୍ଟିଲ ଖୋଲ $\frac{7}{8}$ ଇଞ୍ଚ ଷ୍ଟିଲପ୍ଲେଟର ତଳେଇରୁ ନିର୍ମିତ । କିନ୍ତୁ ଗମ୍ବୁଜ (Dome) ନିମିତ୍ତ $\frac{1}{2}$ ଇଞ୍ଚ ମୋଟ ଷ୍ଟିଲ ଆବଶ୍ୟକ । ଏହା 5/p.s.i. ଚାପ ନିମିତ୍ତ ତିଆରି ହୋଇଛି କିନ୍ତୁ ଯଦି 15/p.s.iକୁ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ତେବେ କୌଣସି କ୍ଷତି ହେବ ନାହିଁ । ଲିକ୍‌ପ୍ରୁଫ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରତି ତଳେଇକୁ ରେଡ଼ିଓଗ୍ରାଫି ଦ୍ୱାରା ପରୀକ୍ଷା କରି ନିଆଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 71—କାନାଡ଼ା-ଇଣ୍ଡିଆ ରିଆକ୍ଟର ରୋଟଣ୍ଡା)
(C I R—Rotunda)

ରିଆକ୍ଟର ସଂରଚନା (Reactor Structure)—

ରିଆକ୍ଟର ପାତ୍ରକୁ କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା (Calandria) କହନ୍ତି । କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା, ୟୁରାନିୟମ, ଇନ୍ଧନ, ମନ୍ଦକ ପ୍ରତିଫଳକ, ତାପୀୟ ଓ ଜୈବିକ ପରିରକ୍ଷକ ପ୍ରଭୃତି ଏହି ରିଆକ୍ଟର ସଂରଚନା ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ।

ଏହି କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା 8'-9" ବ୍ୟାସ ଓ 11'-0" ଉଚ୍ଚ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଆଲୁମିନିୟମ ପାତ୍ର । ଏହା ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିଭଜନ ଦ୍ୱାରା ତାପ ଶକ୍ତି ଜାତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା ମଧ୍ୟରେ ଭାରୀଜଳ ଥାଏ ଯାହା ମନ୍ଦକ ଭଳି କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାଏ । ଏହି ମନ୍ଦକ ଦ୍ୱାରା ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ ଗୁଡ଼ିକର ଗତି ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 10,000 ମାଇଲରୁ 1 ମାଇଲକୁ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ ।

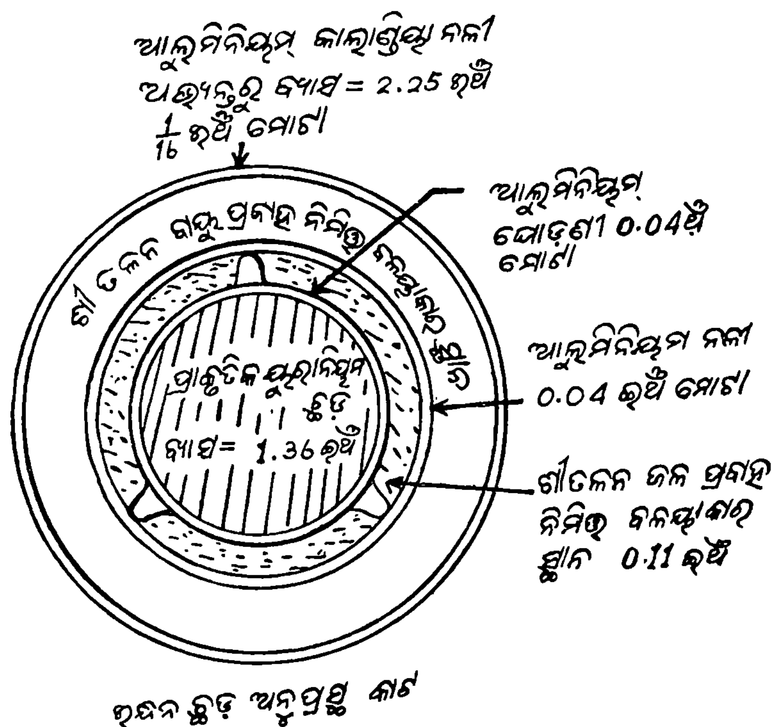
ରିଆକ୍ଟର କୋଡ଼ରେ ବହୁ ତାପ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ତାପକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରାଯାଇଥାଏ । କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା ମଧ୍ୟରେ ଭାରୀଜଳର ସ୍ତରକୁ ବଢାଇ ବା କମାଇ ରିଆକ୍ଟର ଶକ୍ତି ସ୍ତର ନିୟନ୍ତ୍ରିତ କରାଯାଇଥାଏ । ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଛଡ଼କୁ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଇ ଓ ରିଆକ୍ଟର ତଳ ଭଣ୍ଡାରକୁ କିଛି ଭାରୀଜଳ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରି ରିଆକ୍ଟରକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବେ ବନ୍ଦ କରାଯାଇପାରେ ।

ରିଆକ୍ଟର ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ନିଉଟ୍ରନ ବାହାରକୁ ଖସି ପଳାନ୍ତି । ଏହା ବନ୍ଦ କରିବା ନିମିତ୍ତ କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ବିଶୁଦ୍ଧ ଗ୍ରାଫାଇଟର 9" ଓ 24-½" ମୋଟାର ଦୁଇଟି ସମକେନ୍ଦ୍ରୀୟ ବଳୟ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଏହି ବଳୟ ଦ୍ୱାରା ଖସି ପଳାଉଥିବା ଅଧିକାଂଶ ନିଉଟ୍ରନ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ରିଆକ୍ଟର କୋଡକୁ ଫେରି ଆସିଥାନ୍ତି ।

କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା ମଧ୍ୟରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଅଭିକ୍ରିୟା ହେତୁ ବହୁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବିକିରଣ ଉତ୍ସର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ରିଆକ୍ଟର ହଲରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା କର୍ମଚାରୀମାନଙ୍କୁ ଏହି ବିକିରଣ ରକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ରିଆକ୍ଟର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱକୁ 6" ମୋଟ ଢ଼ଳେଇ ଲୁହାର ଦୁଇଟି ବଳୟ ଘେରି ରହିଥାଏ । ଏହି ଲୁହା ବଳୟ ଚାରିପଟେ ମଧ୍ୟ 8'-0" ମୋଟା ଢ଼ଳେଇ ସିଲିଣ୍ଡର ଘେରି ରହିଥାଏ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ପ୍ରତ୍ୟେକ 1 ଫୁଟ ମୋଟାର ଛଅଟି ତାପୀୟ ପରିରକ୍ଷକ ଜଳଦ୍ୱାରା ଶୀତଳ କରାଯାଇଥାଏ ।

ରିଆକ୍ଟର ଇନ୍ଧନ (Reactor Fuel)

ଆଲୁମିନିୟମ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ 10 ଫୁଟ ଲମ୍ବ ଓ 1'-6'' ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର ୟୁରାନିୟମ କୋଡ ରିଆକ୍ଟରର ଇନ୍ଧନ ଅଟେ । ତାପ ପରିବହନ ନିମିତ୍ତ ଆଲୁମିନିୟମର ଏକ ବଳୟାକାର ପଥ ମଧ୍ୟଦେଇ ଶୀତଳକାରୀ ଜଳ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇଥାଏ । ସାଧାରଣ ପରିଚାଳନା ସମୟରେ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟରେ 190ଟି ଛଡ଼ ଥାଏ ।

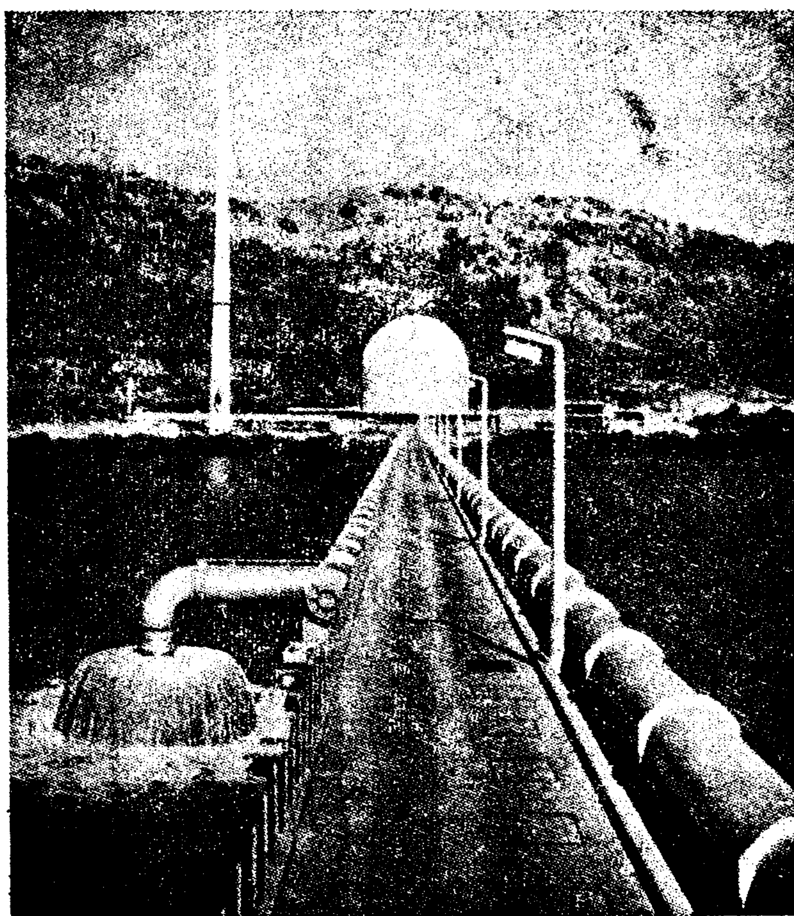


(ଚିତ୍ର ନଂ 72—C.I.R. ଇନ୍ଧନ ଛଡ଼)

ରିଆକ୍ଟରକୁ କିପରି ଶୀତଳ କରାଯାଏ
(Cooling of the Reactor)

ରିଆକ୍ଟର କୋଡ ମଧ୍ୟରୁ ଶତକଡ଼ା 95% ଭାଗ ତାପ ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳନ ଜଳଦ୍ଵାରା ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଶୀତଳନ ଜଳ ୟୁରାନିୟମ ଛଡ଼ର ଉପର ଅଂଶରେ ପ୍ରବେଶ କରି ଉତ୍ତପ୍ତ ଅବସ୍ଥାରେ ଛଡ଼ର ନିମ୍ନ ଭାଗରୁ ବହିର୍ଗତ ହୋଇଥାଏ ।

ଜଳ ମଧ୍ୟର ଅମ୍ଳଜାନ ରିଆକ୍ଟରର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କଲାବେଳେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଯବକ୍ଷାରଯାନ—16ରେ ପରିଣତ ହେବାରୁ ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳନ ଜଳ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ହୋଇଥାଏ । ଉକ୍ତ ଜଳରୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ହ୍ରାସ କରିବା ନିମନ୍ତେ 800'-00'' ଲମ୍ବ ଓ 5'-00'' ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ବିଳମ୍ବକାରୀ ଲୁପ (Delay Loop) ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଏହି ଜଳ ଗତି କରିଥାଏ । 23 ମିନିଟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଏଥିରୁ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଶୂନ୍ୟ ଜଳ ପୁନର୍ବାର ରିଆକ୍ଟରର ବ୍ୟବହାର ନିମନ୍ତେ ମିଳିଥାଏ ।



ଚିତ୍ର ନଂ 73—ବମ୍ବେ ବନ୍ଦରରୁ ଜେଟି (Jetty)

ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଓ ପମ୍ପ ବନ୍ଦ ହେଲେ ଜରୁରୀକାଳୀନ ପରିସ୍ଥିତି ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଶୀତଳନ ନିମିତ୍ତ ଜଳ ଗୋଲକାର ଜରୁରୀକାଳୀନ ଟାଙ୍କିରୁ ଧୀରେ ଧୀରେ ରିଆକ୍ଟର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ । ଏହି ଟାଙ୍କିରେ 850,000 ଗ୍ୟାଲନ ଜଳ ସର୍ବଦା ମହଜୁଦ ହୋଇଥାଏ ।

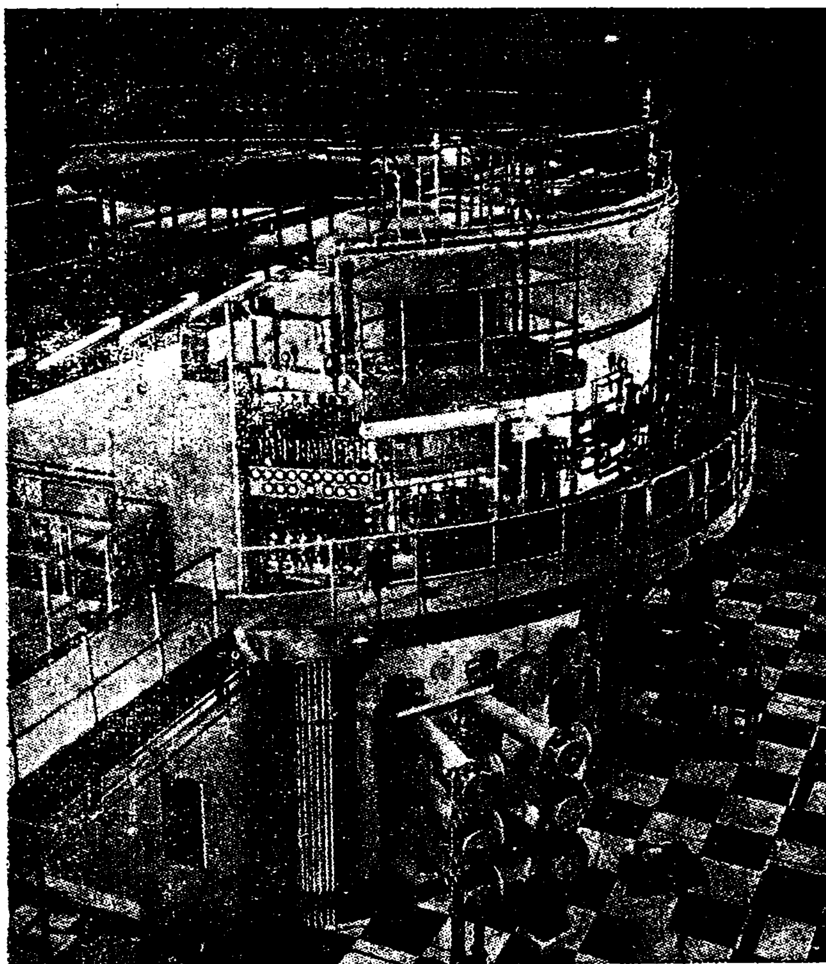
ପ୍ରାଥମିକ ଶୀତଳକ ପଦ୍ଧତିର ଶୀତଳନ ନିମିତ୍ତ ବମ୍ବେ ବନ୍ଦରରୁ ସମୁଦ୍ର ଜଳ ଗ୍ରହଣ କରାଯାଇଥାଏ । ଜଳ ପମ୍ପିଙ୍ଗ ଷ୍ଟେସନ, 3200`-00`` ଲମ୍ବ ଜେଟି (Jetty) ର ପ୍ରାନ୍ତରେ ଅବସ୍ଥିତ । କ୍ଲୋରିନେସନ ଓ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପକରଣ ସବୁ ଜେଟି ମୁଟରେ ଥାଏ ।

ରିଆକ୍ଟର ଉପଯୋଗ ଓ ଏଥିରେ ଥିବା ସୁବିଧା ସୁଯୋଗ

(Reactor Facilities and Their Uses)

CIR ପୃଥିବୀର ଏକ ସୁନ୍ଦର ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟର । ରିଆକ୍ଟରର ତୀବ୍ର ବିକିରଣକୁ ଉପଯୋଗ କରି ଇଂଜିନିଅରିଂ, ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ, ରସାୟନ ବିଜ୍ଞାନ, ଧାତୁ ବିଜ୍ଞାନ ଓ ଜୈବିକ ବିଜ୍ଞାନ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗବେଷଣା କରିବା ନିମିତ୍ତ ଯଥେଷ୍ଟ ସୁବିଧା ଅଛି । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଶିଳ୍ପ, ଚିକିତ୍ସାକ୍ଷେତ୍ର ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ପ୍ରାୟୋଗିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରିବା ନିମିତ୍ତ ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

କାଲାଣ୍ଡ୍ରିୟା ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରିଥିବା 199 ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଆଲୁମିନିୟମ ନଳୀମଧ୍ୟରୁ ସାତୋଟି କେବଳ ରିଆକ୍ଟର ଇନ୍ଧନ ଓ ଅନ୍ୟ ଅଂଶଗୁଡ଼ିକର ପରୀକ୍ଷା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ରିଆକ୍ଟର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଭୂସମାନ୍ତରାଳ ଛିଦ୍ରଅଛି । କାଲେଣ୍ଡ୍ରିୟାର ପ୍ରାନ୍ତରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ରିଆକ୍ଟର ପରିରକ୍ଷକ ମଧ୍ୟଦେଇ ଏହି ଛିଦ୍ର ରିଆକ୍ଟର ସମ୍ମୁଖ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିସ୍ତୃତ । ନିଉଟ୍ରନ ଓ ଗାମା ରଶ୍ମିର ତୀବ୍ର ବିକିରଣ ଏହି ଛିଦ୍ରଦେଇ ବାହାରକୁ ଆସିବା ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ନିଉକ୍ଲିୟାର ଧର୍ମ, ରିଆକ୍ଟର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ଓ ପ୍ରାୟୋଗିକ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବିଭିନ୍ନ ପରୀକ୍ଷା ଏହି ବିକିରଣ ସହାୟତାରେ ହୋଇଥାଏ ।

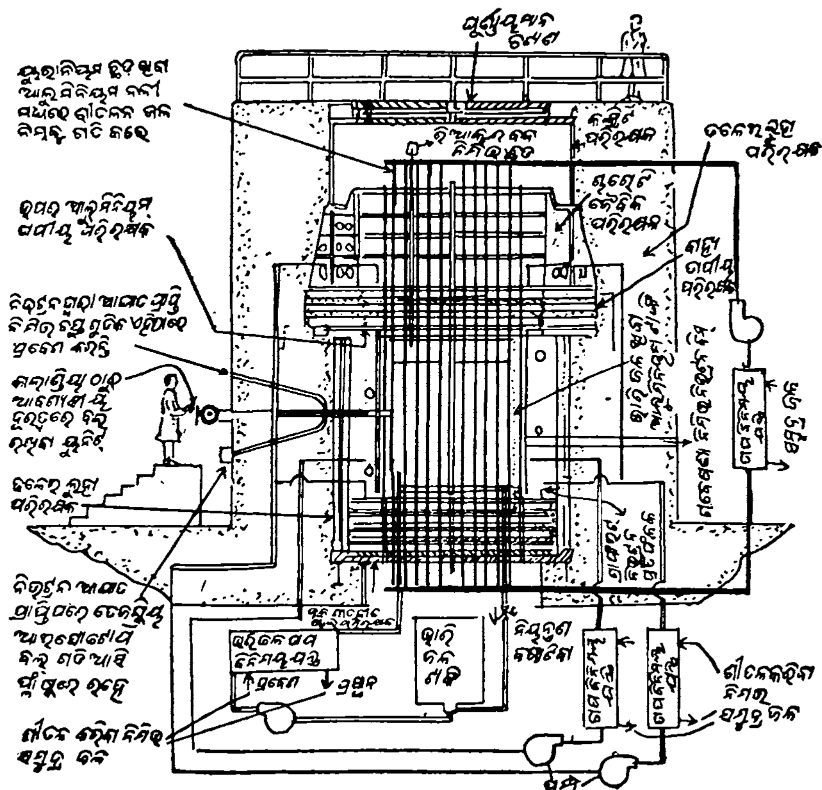


(ଚିତ୍ର ନଂ 74—ସାଇରସ (CIRUS) ରିଆକ୍ଟର ହଲର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଦୃଶ୍ୟ)

ଗ୍ରାଫାଇଟ୍‌ର ଦୁଇଟି ତାପୀୟ ସ୍ତମ୍ଭ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ପ୍ରତିଫଳକଠାରୁ ରିଆକ୍ଟର ପରିରକ୍ଷକ ବାହାର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିସ୍ତୃତ । ଏଥିରୁ ବିଶୁଦ୍ଧ ତାପୀୟ ନିଉଟ୍ରନ ମିଳିଥାଏ ଏବଂ ଏହି ନିଉଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକୁ ବେଷ୍ଟଣୀ ବାହାର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନେବାପାଇଁ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଅଛି ।

କାଲାଣ୍ଡ୍ରିୟା ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏବଂ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ପ୍ରତିଫଳକ ମଧ୍ୟରେ କାଲାଣ୍ଡ୍ରିୟା ଉଚ୍ଚତା ସହ ସମାନ 2-$\frac{1}{2}$'' ବଳୟ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ଏହିଠାରେ ଥୋରିୟମଛଡ଼ଗୁଡ଼ିକୁ ବିକିରିତ

କରାଯାଇଥାଏ । ନିଉଟ୍ରନ ଅବଶୋଷଣ କରି ଥୋରିୟମ, ବିଭଜନୀୟ ଆଇସୋଟୋପ u—233 ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଭାରତରେ ଥୋରିୟମ ବହୁପରିମାଣରେ ମହଜୁଦ ଅଛି, ତେଣୁ ଭବିଷ୍ୟତର ରିଆକ୍ଟରଗୁଡ଼ିକ ଥୋରିୟମ-ୟୁରାନିୟମ ଚକ୍ର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିବେ । ଏହି ଅଭିଜ୍ଞତା ସେଥିନିମିତ୍ତ ଖୁବ୍ ସହାୟକ । C.I.R.ର କାର୍ଯ୍ୟ ଯଦିଓ, ବହୁ ପରିମାଣରେ u—233 ଉତ୍ପାଦନ କରିବା ନୁହେଁ, ତଥାପି ଭବିଷ୍ୟତର ଶକ୍ତି ରିଆକ୍ଟରର ଥୋରିୟମ ୟୁରାନିୟମ ଇନ୍ଧନକୁ ପରୀକ୍ଷା କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 75—ଆରେଖୀ ବର୍ଣ୍ଣନ, ସାଇରସ୍ ରିଆକ୍ଟର)
(Diagramatic Representation, CIRUS Reactor)

ରିଆକ୍ଟର ଗ୍ରେଡ଼ ଆଲୁମିନିୟମ, ଅଣ କଳଙ୍କଲୌହ, ନାଇଲନ, ମ୍ୟାଗନେସିୟମର ନମୁନାଗୁଡ଼ିକ ବିଶିଷ୍ଟ କ୍ୟାପସୁଲରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଥାଏ । ରସାୟନ ପରୀକ୍ଷାଗାର ପ୍ରାନ୍ତରୁ ଷ୍ଟେନଲେସ ଷ୍ଟିଲ ନଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଏହି ନମୁନା କ୍ୟାପସୁଲଗୁଡ଼ିକୁ ବାୟୁଚାପ ଦ୍ୱାରା

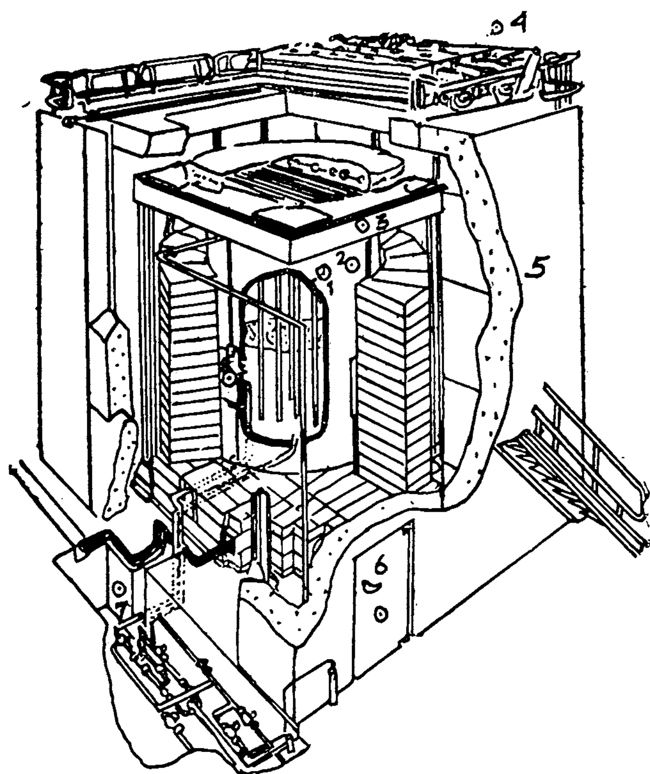
ରିଆକ୍ଟରକୁ ପ୍ରେରଣ କରାଯାଏ । ଏହି ନମୁନାଗୁଡ଼ିକ 200' ପଥ ଅତିକ୍ରମ କରିଥାନ୍ତି । ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କରିବା ପରେ ଏହି ନମୁନାଗୁଡ଼ିକ ଗ୍ୟାସୀୟ ରୂପରେ ରାସାୟନ ଗବେଷଣା ପରୀକ୍ଷାଗାର ପ୍ରାନ୍ତକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କରନ୍ତି । ଏହି ନମୁନାଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କଲାବେଳେ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 60' ରୁ ଅଧିକ ବେଗରେ ଆସିଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ଏହି ନମୁନାଗୁଡ଼ିକୁ ଗ୍ରହଣ କରିବା ପ୍ରାନ୍ତରେ ବିକିରଣରୁ ରକ୍ଷାପାଇବା ନିମନ୍ତେ ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଇଥାଏ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ନିରାପତ୍ତା ଅନ୍ତର୍ଗ୍ରଥନ (Safety Interlock System) ପଦ୍ଧତି ଓ ଆଲୋକ ବିଦ୍ୟୁତକୋଷ ପ୍ରଭୃତି ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଦ୍ୱାରା ପରିଚାଳିତ ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ନମୁନା ବିକିରଣ ଗ୍ରହଣ କଲାବେଳେ ଅନ୍ୟ ଏକ ନମୁନା ଯେପରି ନଯାଏ ତାହାର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ଏହି ପଦ୍ଧତିଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା କରାଯାଇଥାଏ ।

ବର୍ଷକୁ ଲକ୍ଷ ଲକ୍ଷ ଟଙ୍କାର ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଆଇସୋଟୋପ ଏହି ରିଆକ୍ଟରରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ । ଚିକିତ୍ସା ବିଜ୍ଞାନରେ ଏମାନଙ୍କର ବହୁଳ ବ୍ୟବହାର ହୋଇଥାଏ । ଫସଫରସ—32 ରକ୍ତର ବିଭିନ୍ନ ରୋଗ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ । ହାଇପରଥାଇରଏଡ଼ିଜମ ଓ ଥାଇରଏଡ କର୍କଟ ରୋଗର ନିଦାନ ଓ ଚିକିତ୍ସା ନିମିତ୍ତ ଆଇଓଡ଼ିନ—131, ଅର୍ବୁଦ ବିନଷ୍ଟ ନିମିତ୍ତ Co^{60} ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ଶିଳ୍ପକ୍ଷେତ୍ରରେ Co^{60}, ସିଜିୟମ—137 ଓ ଇରିଡ଼ିୟମ—192ର ଉପଯୋଗ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ ଏଗୁଡ଼ିକ ଏହି ରିଆକ୍ଟରରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇଥାନ୍ତି ।

ଜରଲିନ (ZERLINA)

Zero Energy Lattice Investigation Nuclear Assemblyରୁ ZERLINA ଶବ୍ଦ ହୋଇଛି । ଏହା ଭାରତୀୟ ତୃତୀୟ ରିଆକ୍ଟର । ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଜାଲିକ ସମାବେଶ (Lattice Assembly) କୁ ଏଥିରେ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ରିଆକ୍ଟରରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ସମାବେଶକୁ ସେମାନଙ୍କର କ୍ରାନ୍ତିକତା ତଥା ଅନ୍ୟ ବିଶେଷତ୍ୱ ନିମିତ୍ତ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଏ । ଜାଲିକ, ଦୋଳନ, ବିପଦଗୁଣାଙ୍କ (Danger Coefficient), ନିୟନ୍ତ୍ରଣଦଣ୍ଡ ପରୀକ୍ଷା ଏବଂ ନୂତନ ରିଆକ୍ଟର ଗଠନ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଧାରଣା କରିବା ନିମନ୍ତେ ଏହା ଉପଯୋଗୀ ।

ଟ୍ରମ୍ବେ କର୍ମବୃନ୍ଦମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଏହାର ଡିଜାଇନ ଓ ନିର୍ମାଣ ହୋଇଥିଲା । ଏଥିରେ ଭାରୀଜଳ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ । 1961 ଜାନୁୟାରୀ 14ରେ ଏହା ପ୍ରଥମ କ୍ରାନ୍ତିକତା ହାସଲ କରିଥିଲା ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 76—ଜରଲିନା ରିଆକ୍ଟର, ZERLINA Reactor)

1) ରିଆକ୍ଟର ଟାଙ୍କି, 2) ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ପ୍ରତିଫଳକ, 3) ବର୍ଗାକାର ବାଫ୍‌ଲ୍ସ, 4) ଉପର ଟାଇଲ, 5) ଜୈବିକ ପରିରକ୍ଷକ, 6) ଦ୍ୱାର, 7) ନିଷ୍କାସନ ନଳୀ, 8) କାଡ୍‌ମିୟମ ସଟର୍ ।

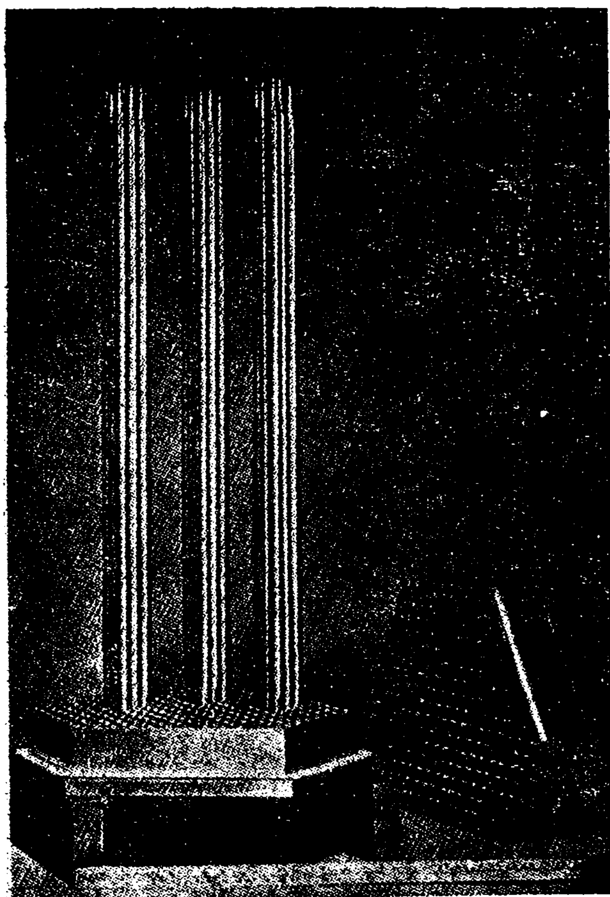
ପୂର୍ଣ୍ଣିମା (PURNIMA)

(Zero Energy Fast Reactor at Trombay)

ଭାରତର ଚତୁର୍ଥ ରିଆକ୍ଟର ଓ ଟ୍ରମ୍ବେରେ ସ୍ଥାପିତ । PURNIMA ଏହି ଶବ୍ଦଟି Plutonium Reactor for Neutronic Investigations in Multiplying Assemblies ରୁ ନେଇ ହୋଇଛି । ସମସ୍ତ ରିଆକ୍ଟର ଅପେକ୍ଷା

ଏହା ଭିନ୍ନ । କାରଣ ଏଥିର ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା 100 Kevରୁ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଶକ୍ତି ବିଶିଷ୍ଟ ତୀବ୍ର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ସଂଘଟିତ ହୋଇଥାଏ ।

ରିଆକ୍ଟରର ମୁଖ୍ୟ ଅଂଗ ହେଲ ଏହାର 3 –ଲିଟର କୋଡ଼ । ଏହି କୋଡରେ ଷ୍ଟେନ୍‌ଲେସ୍ ଷ୍ଟିଲ୍ ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଇନ୍ଧନପିନ୍ ଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟାସ 11 ମିଲିମିଟର ଏବଂ ଏମାନେ ଷଷ୍ଠକୋଣୀୟ ଷ୍ଟେନ୍‌ଲେସ୍-ଷ୍ଟିଲ୍ ପାତ୍ର ସହ ସଂଯୁକ୍ତ ।



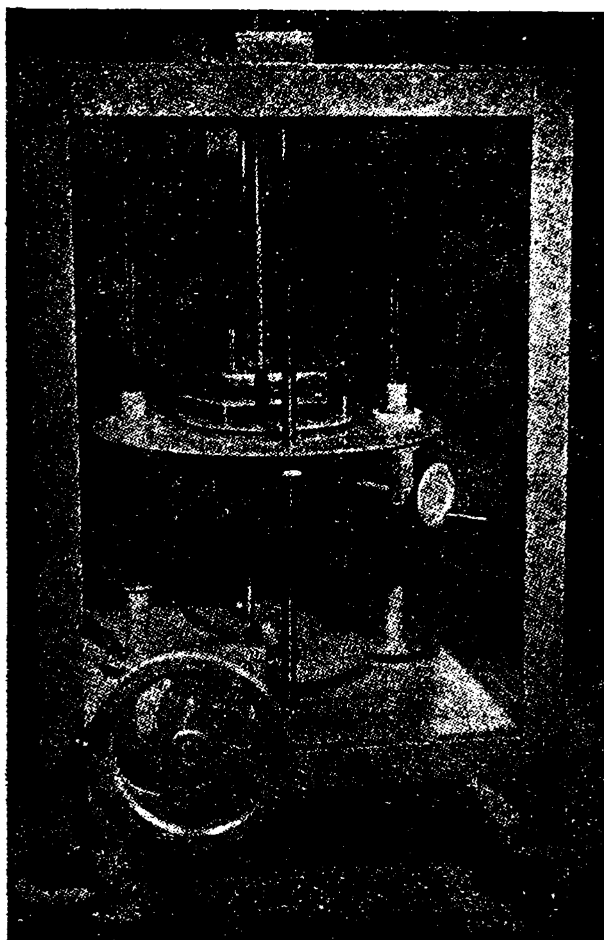
(ଚିତ୍ର ନଂ 77—PURNIMA କୋଡ଼)

ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ବିଭାଜନରୁ ଦୁଇ ବା ତିନିଗୋଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥାନ୍ତି ଏବଂ ଏମାନେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟାରେ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି । ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟାର ଗୋଟିଏ ବିଭାଜନଠାରୁ ଅନ୍ୟ ବିଭାଜନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ବ୍ୟବଧାନକୁ ତାତ୍କାଳିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ର ଆୟୁକାଳ l କହନ୍ତି । ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରର ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ନିମିତ୍ତ ଏହି ସମୟ l ଖୁବ୍ କମ୍ ହେବା ଉଚିତ୍ । ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରରେ l ର ମାନ 5×10^{-8} ସେକେଣ୍ଡ ଅଟେ । ନିଉଟ୍ରନ ଗୁଣନ ନିମିତ୍ତ ସମୟ ଖୁବ୍ କମ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ନିଉଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ଅତିଶୀଘ୍ର ବହୁ ସଂଖ୍ୟାରେ ବଢ଼ିଚାଲନ୍ତି ଏବଂ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ସ୍ୱୟଂଚାଳିତ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇଉଠେ । କିନ୍ତୁ ବିଳମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ଗୁଡ଼ିକର ଉପସ୍ଥିତି ହେତୁ ଏହା ସମ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ରେ 1000 ତାତ୍କାଳିକ ନିଉଟ୍ରନ୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରାୟ 2ଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ବିଳମ୍ବିତ ହୋଇଥାନ୍ତି । ଯଦି $K=0{\cdot}998$ ନିଆଯାଏ ତେବେ ବିଳମ୍ବିତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା Kର ମାନ 1କୁ ବୃଦ୍ଧିପାଇ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରହିଥାଏ ।

ଏହି ରିଆକ୍ଟର କଂକ୍ରିଟ୍ ପରିରକ୍ଷକ ଥିବା ଏକ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ । 1.5 ମିଟର କଂକ୍ରିଟ୍ କାନ୍ଥର ବାହାରେ ଥିବା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରୁ ଏହି ରିଆକ୍ଟର ପରିଚାଳନା କରାଯାଇଥାଏ । ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ଆୟନକାରୀ କକ୍ଷ (Ionisation Chamber) ଓ ପଲ୍ସ ଗଣନାକାରୀ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସଙ୍କେତ ପାଇ ରିଆକ୍ଟର ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇଥାଏ ।

ଉତ୍ତୋଳନ୍ ଓ ପରିଚାଳନା ସମୟରେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ନିରାପତ୍ତା ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଏ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ବସ୍ତୁର ବିଷମୟ ପ୍ରଭାବ ଅତି ବିପଜ୍ଜନକ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଗମ୍ବୁଜ (Vault)ର ବାୟୁକୁ ପରୀକ୍ଷା ଓ ଫିଲ୍ଟର୍ କରି ଅବଶିଷ୍ଟାଂଶକୁ 150ମିଟର ଉଚ୍ଚ ଏକ ଚିମନି ଦ୍ୱାରା ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ ଛଡ଼ାଯାଏ ।

ଇନ୍ଧନ ବୋଝେଇ ନିମନ୍ତେ କୋର ପାଖକୁ ଇନ୍ଧନ ବୋଝେଇ ଯନ୍ତ୍ର ଉପରେ ରଖାଯାଏ । ଥରକେ ଗୋଟିଏ ଇନ୍ଧନ ପିନ୍ ତଳକୁ ଆସି ବୋଝେଇ ହୋଇଥାଏ । 1972 ମସିହା ମେ ମାସ 9 ତାରିଖରେ କୋର ପାଖରେ ପ୍ରଥମ ଇନ୍ଧନ ପିନ୍ ବୋଝେଇ ହୋଇଥିଲା । ପ୍ରତିଥର ଇନ୍ଧନ ପିନ୍ ବୋଝେଇ ପୂର୍ବରୁ ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ରିଆକ୍ଟରର ନିଉଟ୍ରନ୍ ଗୁଣନ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଫ୍ଲକ୍ସ ସ୍ତରକୁ ଲକ୍ଷକରାଯାଇଥାଏ । 1972 ମସିହା ମେ ମାସ 22 ତାରିଖରେ 177 ଇନ୍ଧନ ପିନ୍ ବୋଝେଇ ପରେ 21·6Kg ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ସହ ଏହା କ୍ରାନ୍ତିକତା ହାସଲ କରିଥିଲା । ଏହାଦ୍ୱାରା ଭାରତ ଭୂମିରେ ସର୍ବପ୍ରଥମ ଥର ପାଇଁ ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ସ୍ୱୟଂ-ଚାଳିତ ଦ୍ରୁତ ନିଉଟ୍ରନ୍ ଚେନ୍ ଅଭିକ୍ରିୟା ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରିଥିଲା ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 78– ଇନ୍ଧନ ବୋମ୍ବେଇ ପ୍ରଣାଳୀ PURNIMA Reactor)

ପୁରନିମା କ୍ରାନ୍ତିକତା ହାସଲ କରିବା ପରେ ତୀବ୍ର ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର ଯେ ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରିବ ଏହା ଜଣାପଡ଼ିଥିଲା । ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ତୀବ୍ର ପ୍ରଜନକ ପାୱାର୍ ରିଅକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ (1·05 ରୁ 1·4) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମ୍ଭବ ବୋଲି ଜଣାଯାଇଛି । ତେବେ ପ୍ରଜନନର ବିଶେଷତ୍ୱ ବର୍ତ୍ତମାନର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିଷୟ । ପ୍ରକୃତରେ କେବଳ ଗୋଟିଏ ପ୍ରକାରର u−235 ବିଭଜନୀୟ ବସ୍ତୁ ମିଳିଥାଏ । କିନ୍ତୁ u−238 ଓ Th−2୨2

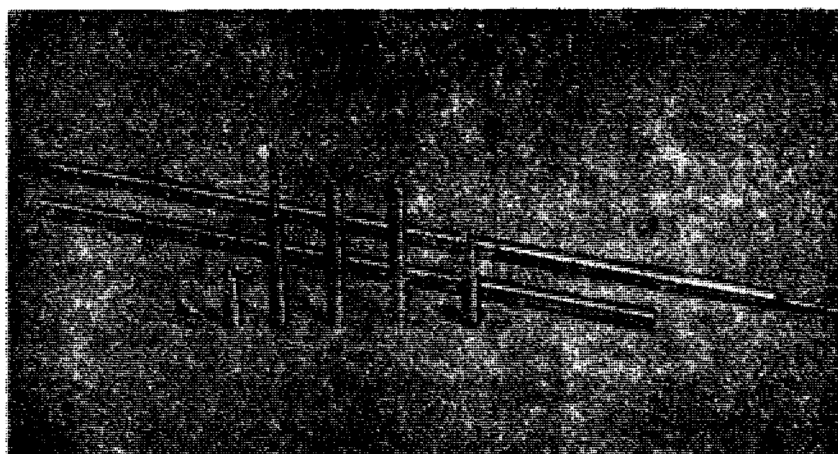
ବହୁଳ ପରିମାଣରେ ମିଳିଥାଏ । ଖଣିଜ ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍‌ରେ u – 238 ଶତକଡ଼ା 99·3 ଭାଗ ଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଶତକଡ଼ା 0.7ଭାଗ u – 235 ଥାଏ । ଯଦି ରିଆକ୍ଟରର ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ 0·9 ହୁଏ ତେବେ ମିଳୁଥିବା ବିଭଜନୀୟ ପରମାଣୁ ଗୁଡ଼ିକୁ $\frac{1}{1-0{\cdot}9}=10$ ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କରାଯାଇପାରେ । ଯଦି ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତ 0·99 ହୁଏ ତେବେ ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ବୃଦ୍ଧି ଗୁଣାଙ୍କ 100 ହୋଇଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି ପ୍ରକାରରେ ପ୍ରଜନନ ଅନୁପାତକୁ 1 ବା ତାଠାରୁ ଅଧିକ କରାଯାଏ ତେବେ ଏଥିରୁ ଅସୀମ ବିଭଜନୀୟ ପରମାଣୁ ମିଳିଥାଏ । ଅର୍ଥାତ୍ ଅବ୍ୟବହୃତ u – 238 ଓ Th – 232କୁ ଏହି ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରିହେବ । Th – 232 ନ୍ୟୁଟ୍ରନ୍ ଅବଶୋଷଣ କରି u – 233ରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି u – 233, Pu—239 ବା u – 235 ଭଳି ବିଭଜନୀୟ । ସେଥିନିମିତ୍ତ ପ୍ରଜନନ ଲାଭ (Breeding gain = B.R – 1) କୁ ଏପରି ଉଚ୍ଚ କରାଯାଇଥାଏ ଯଦ୍ୱାରା ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ସମୟ (Doubling Time) ମିଳି ପାରିବ । ଏହି ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟରରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଅଧିକ ଇନ୍ଧନ ମିଳିଥାଏ ଯାହା ଅନ୍ୟ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରିବ । ଭାରତ ନିମିତ୍ତ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର ଆବଶ୍ୟକତା ବେଶି ।

ଟ୍ରମ୍ବେର PURNIMA ଏକ ପ୍ରାୟୋଗିକ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଫାଷ୍ଟ୍ ରିଆକ୍ଟର । ଏଥିରେ ପ୍ରଜନନ ହୋଇନଥାଏ । ଭାରତର ପ୍ରଥମ ଫାଷ୍ଟ୍ ରିଆକ୍ଟର ମାନ୍ଦ୍ରାଜ ନିକଟରେ ନିର୍ମାଣ ଚାଲିଛି । ଏହାର ନିର୍ମାଣ ଓ ପରିଚାଳନା ବେଳେ PURNIMA କେତୋଟି ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉପକରଣ ଯୋଗାଇବ ।

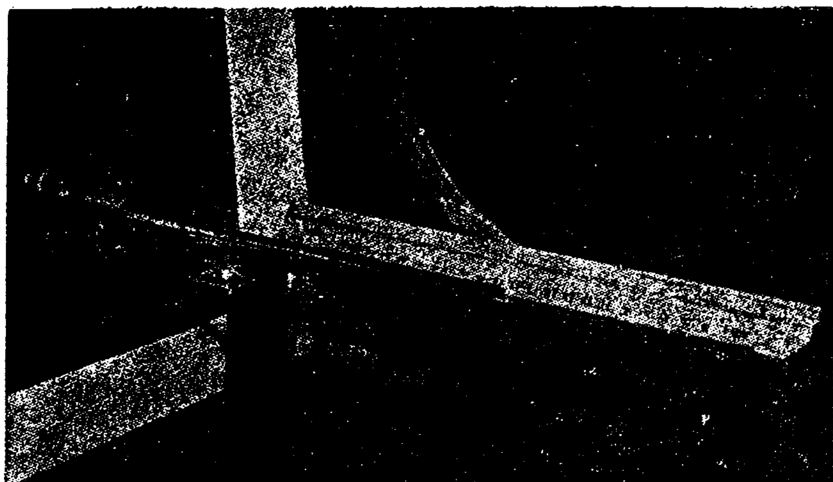
PURNIMA ନିମିତ୍ତ ଇନ୍ଧନ

ଏହି ରିଆକ୍ଟର ନିର୍ମାଣ ସମୟରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ଇନ୍ଧନ ପିନ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବାକୁ ପଡ଼ିଥିଲା । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଧାତୁର ବିଷମୟ ପ୍ରଭାବ ଅଧିକ । ଶରୀର କେବଳ 0.6 ମାଇକ୍ରୋଗ୍ରାମ୍‌ର ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍, କ୍ଷତି ବିନା ଗ୍ରହଣ କରିପାରେ । ଏହା ଏକ ଧୂଳିକଣାର ଆକାରରୁ କମ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଗ୍ଲୋଭ ବାକ୍ସର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଗ୍ଲୋଭବାକ୍ସ ମଧ୍ୟର ଚାପ ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ଚାପଠାରୁ କମ କରାଯାଇଥାଏ, ଯଦ୍ୱାରା ବାକ୍ସ ମଧ୍ୟର କ୍ଷୁଦ୍ର କଣିକାଗୁଡ଼ିକ ବାହାରକୁ ଉଡ଼ି ନ ଯାଇ ପାରିବେ ।

(ଚିତ୍ର ନଂ 79—ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଇନ୍ଧନର ପିନ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ ନିମିତ୍ତ ଗ୍ଲୋଭ ବାକ୍ସ)



(ଚିତ୍ର ନଂ 80—ଇନ୍ଧନ ପିନ୍)



(ଚିତ୍ର ନଂ 81—ଇନ୍ଧନ ପିନ୍ ମାପକ ଯନ୍ତ୍ର)

ଅନୁକୂଳ ପରିସ୍ଥିତିରେ 500 gm ପ୍ଲୁଟୋନିୟମରେ କ୍ରାନ୍ତିକତା ହାସଲ ହୋଇ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟିପାରେ । ସେଥି ନିମିତ୍ତ ଗ୍ଲୋଭବାକ୍ସରେ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରସ୍ତୁତ ବେଳେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ କ୍ରାନ୍ତିକତା ହାସଲ ନ କରିବାର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଇଥାଏ ।

ଭାରତର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ସଂସ୍ଥା

(Atomic Energy Establishment in India)



(ଚିତ୍ର ନଂ—82)

ମାନଚିତ୍ରରେ ସୂଚିତ ସଂଖ୍ୟାଗୁଡ଼ିକର ବିବରଣୀ

1. ଗୁଲମାର୍ଗ—ଉଚ୍ଚତା ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର
2. ନାଙ୍ଗଲ—ଭାରି ଜଳ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
3. ଦିଲ୍ଲୀ—ଆଣବିକ ମିନେରାଲସ୍ ବିଭାଗ
4. ନାରୋରା—ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର
5. ରାଣାପ୍ରତାପ ସାଗର—ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର ଓ ଭାରିଜଳ ପ୍ଲାଣ୍ଟ

6. ଅହ୍ମେଦାବାଦ—ଭୌତିକ ଗବେଷଣା ପରୀକ୍ଷାଗାର
7. ବରୋଦା—ଭାରୀ ଜଳ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
8. ତାରାପୁର—ପାୱାର ରିଆକ୍ଟର ଇନ୍ଧନ ପୁନଃସଂସାଧନ ୟୁନିଟ୍
9. ତାରାପୁର—ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର
10. ଟ୍ରମ୍ବେ—ଭବା ଆଣବିକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର
11. ବମ୍ବେ—ଟାଟା ପ୍ରତିଷ୍ଠାନ (ମୌଳିକ ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ) ଓ ଟାଟା ସ୍ମୃତି କେନ୍ଦ୍ର
12. ଗୌରୀବିଦାନୁର—ଭୂକମ୍ପୀୟ କେନ୍ଦ୍ର (Seismic Station)
13. ଅଲୱେ—ରେଆର୍ ଆରଥ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
14. ଗୁଡୁର—
15. ମାନାଭାଲକୁରିଚି } ଖଣିଜ ବାଲି
16. 17. } ତୁତିକୋରିନ—ଭାରୀଜଳ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
18. କାଲପାକମ୍—ରିଆକ୍ଟର ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର
19. ମାଡ୍ରାସ୍—ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର
20. ମାଡ୍ରାସ୍—ସହର
21. ହାଇଦରାବାଦ୍—ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିକସ୍ କରପୋରେସନ୍ ଓ ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ସଂସ୍ଥା
22. ତାଲଚେର—ଭାରୀଜଳ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
23. ଯଦୁଗୁଡ଼ା—ୟୁରାନିୟମ୍ କରପୋରେସନ୍
24 କଲିକତା—ସାହା ପ୍ରତିଷ୍ଠାନ (ନିଉକ୍ଲିୟାର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ) ଓ ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଶକ୍ତି ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରନ ।

ଭାରତର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ସଂସ୍ଥା
(Atomic Energy Establishment in India)

ଭାବା ଆଣବିକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର (ଟ୍ରମ୍ବେ)—
(BHABA ATOMIC RESEARCH CENIRE, TROMBAY)

1957 ମସିହାରେ ସ୍ଥାପିତ ଏହି ଜାତୀୟ କେନ୍ଦ୍ର ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତିର ଗବେଷଣା ଓ ଉନ୍ନୟନ କାର୍ଯ୍ୟ ନିମିତ୍ତ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ଏଠାରେ ଗୁରୁତ୍ୱିତ ରିଆକ୍ଟର ଅପସରା (1Mw,) ସାଇରସ

(40Mw), ଜରଲିନା (100w) ଓ ପୂର୍ଣ୍ଣିମା (Zero Energy) ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛନ୍ତି । 5.5 Mev ଭାନଡ଼ି ଗ୍ରାଫ ତ୍ୱରକ ଯନ୍ତ୍ର, H-400 ଗଣକ ଯନ୍ତ୍ର ଏବଂ ଉନ୍ନତ ଧରଣର ପରୀକ୍ଷାଗାର ଅଛି । ଏଠାରେ ୟୁରେନିୟମ ଧାତୁ ପ୍ଲାଣ୍ଟ, ଫୁଏଲ ଏଲିମେଣ୍ଟ ଫାବ୍ରିକେସନ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଓ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଅଛି ।

ଗୌରୀ ବିଦାନୂର ଭୂକମ୍ପ କେନ୍ଦ୍ର
(GURIBIDANUR SEISMIC STATION)

ଏହା ଭାବା ଆଣବିକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ରର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ବାଙ୍ଗାଲୋରର 80 କିଲୋମିଟର ଉତ୍ତରକୁ ଅବସ୍ଥିତ । 1965 ମସିହା ଶେଷଭାଗକୁ U.K ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ସହାୟତାରେ ଏହା ନିର୍ମିତ ହୋଇଥିଲା । 25 km × 25 km ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହା ବ୍ୟାପୃତ । ଭୂନିମ୍ନର ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣକୁ ଏହା ଚିହ୍ନଟ କରିଥାଏ । ଭୂକମ୍ପ ବିଜ୍ଞାନ ଗବେଷଣାରେ ମଧ୍ୟ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥାଏ ।

ଆଣବିକ ଖଣିଜ ବିଭାଗ (ଦିଲ୍ଲୀ)
ATOMIC MINERAL DIVISION

ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ଯୋଜନା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରତିକ୍ଷଣ (Prospecting), ସର୍ବେକ୍ଷଣ (Survey) ଏହି ବିଭାଗ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ ।

ରିଆକ୍ଟର ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର
(REACTOR RESEARCH CENTRE)

ତାମିଲନାଡ଼ୁ ପ୍ରଦେଶର ମାଡ୍ରାସ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ କାଲପାକାମଠାରେ ଏହା ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟରର ଗବେଷଣା ଓ ଉନ୍ନୟନ ନିମିତ୍ତ ସୁବିଧା ଅଛି । ଏଠାରେ ଏକ ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଜନକ ପରୀକ୍ଷା ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ଏଥିରୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଇନ୍ଧନ, ସୋଡ଼ିୟମ ଶୀତଳନ, ଦ୍ରୁତ ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଡିଜାଇନ, ଗଠନ ଓ ପରିଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ଅଭିଜ୍ଞତା ହାସଲ ହୋଇପାରିବ । ଏଠାରେ ମଧ୍ୟ ରିଆକ୍ଟର ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ, ଫୁଏଲ୍ ରିପ୍ରୋସେସିଙ୍ଗ୍, ସେଫ୍‌ଟିରିସର୍ଚ୍ଚ, ଫୁଏଲ୍ ଡିଭଲପମେଣ୍ଟ, ଫୁଏଲ୍

ରିପ୍ରୋସେସିଙ୍ଗ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଫ୍ୟୁଏଲ୍ ଫାବ୍ରିକେସନ ଫାସିଲିଟି ଓ ଫଲିଶ୍ରିତ୍ ଫାଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟରର ନିମିତ୍ତ ସୁବିଧା ସୁଯୋଗ ଅଛି ।

ଫ୍ରାନ୍ସର କାଦାରକ୍ଷରେ ଥିବା (Rhapsodie Reactor) ସଦୃଶ ଏହି ଗବେଷଣା ପ୍ରଜନକ ପରୀକ୍ଷା ରିଆକ୍ଟର ଅଟେ, କିନ୍ତୁ ଶକ୍ତିପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ଏହାକୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ କରାଯାଇ ଅଛି ଏବଂ ଏଥିରୁ 15Mw (e) ମିଳିଥାଏ । ଫ୍ରାନ୍ସର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କମିଶନ ସହାୟତାରେ ଏହାର ପରିକଳ୍ପନା ଓ ନିର୍ମାଣ ହୋଇଛି ।

ତାରାପୁର ଆଣବିକ ଶକ୍ତିକେନ୍ଦ୍ର
(Tarapur Atomic Power Station)

ବମ୍ବେର 100 କିଲୋମିଟର ଉତ୍ତରକୁ ଅବସ୍ଥିତ । ଭାରତର ସର୍ବପ୍ରଥମ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର ଦୁଇଟି ଫୁଟନ୍ତାଜଳ ରିଆକ୍ଟରରୁ 400 Mw ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ମିଳିଥାଏ । ମହାରାଷ୍ଟ୍ର ଓ ଗୁଜରାଟକୁ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇଥାଏ ।

ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତିକେନ୍ଦ୍ର
(Rajasthan Atomic Power Station)

ରାଜସ୍ଥାନ ପ୍ରଦେଶର ରାଣାପ୍ରତାପସାଗରଠାରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହା କାନାଡ଼ା ସହାୟତାରେ ନିର୍ମିତ ହେବାକୁ ଯାଉଛି । ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମ୍‌କୁ ଇନ୍ଧନରୂପେ ଓ ଭାରୀ-ଜଳକୁ ମନ୍ଦକ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରି ଦୁଇଟି CANDU-ଶ୍ରେଣୀସ୍ଥ ରିଆକ୍ଟରରୁ 400 Mw(e) ମିଳିପାରିବ ।

ପ୍ରଥମ ୟୁନିଟ୍ 1972 ମସିହା ଅଗଷ୍ଟ 11 ରେ କ୍ରାନ୍ତିକତା ହାସଲ କରିଛି ।

ମାଡ୍ରାସ ଆଣବିକ ଶକ୍ତିକେନ୍ଦ୍ର
(Madras Atomic Power Station)

ମାଡ୍ରାସ୍‌ର 80 କିଲୋମିଟର ଦକ୍ଷିଣକୁ ଅବସ୍ଥିତ । ଭାରତର ତୃତୀୟ ଆଣବିକ ଶକ୍ତିକେନ୍ଦ୍ର । ରାଜସ୍ଥାନ କେନ୍ଦ୍ରଭଳି ଏହାର ଦୁଇଟି CANDU-ଶ୍ରେଣୀସ୍ଥ ରିଆକ୍ଟର ରହିବ । ଏହି କେନ୍ଦ୍ରର ଡିଜାଇନ୍ ଓ ନିର୍ମାଣ ନିମିତ୍ତ କୌଣସି ବିଦେଶୀ ସହାୟତାର ଆବଶ୍ୟକତା ନାହିଁ ଏବଂ ଶତକଡ଼ା 80 ଭାଗ ଦେଶ ମଧ୍ୟରେ ହେବ ।

ଭାରୀଜଳ (D_2O) ପ୍ଲାଣ୍ଟ

ନାଙ୍ଗଲ(ପଞ୍ଜାବ) :—
(Nangal)

ଏହା 1962 ମସିହାରେ ସ୍ଥାପିତ ଏବଂ ଫର୍ଟିଲାଇଜର୍ କରପୋରେସନ୍ ଅଫ୍ ଇଣ୍ଡିଆ ସହାୟତାରେ ପରିଚାଳିତ । ପ୍ରତିବର୍ଷ 14 ଟନ୍ ଭାରୀଜଳ ଏଥିରୁ ମିଳିଥାଏ ।

ରାଣା ପ୍ରତାପ ସାଗର (କୋଟା)—
(Rana Pratap Sagar, Kota)

ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟ ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ରର ବଳକା ବାଷ୍ପ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉପଯୋଗ କରି ବାର୍ଷିକ 100 ଟନ୍ ଭାରୀଜଳ ଉତ୍ପାଦନ କରିବ । 1974 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା ଏହାର କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ହେବାର ଆଶା ।

ବରୋଦା—
(**Baroda**)

ଫରାସୀ ସହାୟତାରେ ସ୍ଥାପିତ । ଗୁଜରାଟ ଷ୍ଟେଟ୍ ଫର୍ଟିଲାଇଜର କମ୍ପାନୀରୁ ଫର୍ଟିଲାଇଜର ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଆମୋନିଆ ବାଷ୍ପ ଉପଯୋଗ କରି ବାର୍ଷିକ 67·2 ଟନ୍ ଭାରୀଜଳ ଉତ୍ପାଦନ କରିବେ ।

ତୁତିକୋରିନ୍—

(Tuticorin) :—ଫରାସୀ ସହାୟତାରେ ସ୍ଥାପିତ । ସଦର୍ଣ୍ଣ ପେଟ୍ରୋକେମିକାଲ୍ ଇଣ୍ଡଷ୍ଟ୍ରିଜ୍ କର୍‌ପୋରେସନ୍ ଲିମିଟେଡ଼ର ଫର୍ଟିଲାଇଜର ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ଆମୋନିଆ ବାଷ୍ପ ଉପଯୋଗ କରି ବାର୍ଷିକ 71·2 ଟନ୍ ଭାରୀଜଳ ଉତ୍ପାଦନ କରିବ ।

1974-75 ମସିହାରେ ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦନ ଆରମ୍ଭ ହେବ ।

ଭାରୀଜଳ ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ (ତାଳଚେର)
(Heavy Water Project), (Talcher)

ଓଡ଼ିଶାର ତାଳଚେର ଠାରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଉଛି । ପଶ୍ଚିମ ଜର୍ମାନୀର ଫ୍ରେଡ଼ରିକ ଉହଡେ଼ କମ୍ପାନୀ ସହାୟତାରେ ନିର୍ମିତ ହେବ । 1972 ମସିହା ଅକ୍‌ଟୋବରରେ ଏହି କମ୍ପାନୀ ସହ ଚୁକ୍ତି କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହେଲା । ଏହି ଚୁକ୍ତି ଅନୁସାରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଉପକରଣ, ଯୋଗାଣ, ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ ଏବଂ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ସୁବିଧା କରିବା ଏହି କମ୍ପାନୀର କାର୍ଯ୍ୟ । ଏହି ତାଳଚେରଠାରେ ଥିବା ଫର୍ଟିଲାଇଜର କର୍‌ପୋରେସନ୍ ଅଫ୍ ଇଣ୍ଡିଆ ଦ୍ୱାରା ଚାଳିତ ଆମୋନିଆ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ସିନ୍ଥେସିସ୍ ଗ୍ୟାସ୍ ଷ୍ଟ୍ରିମ୍ ଉପଯୋଗ କରି ଏହି ଭାରୀଜଳ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ

ବାର୍ଷିକ 62·7 ଟନ ଭାରୀଜଳର ଉତ୍ପାଦନ ହୋଇପାରିବ । 1976 ମସିହା ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଏହି ଭାରୀଜଳ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ଉତ୍ପାଦନ ଆରମ୍ଭ ହେବାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ।

ପାଓ୍ୱାର ରିଆକ୍ଟର ଇନ୍ଧନ ପୁନଃସଂସାଧନ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
(Power Reactor Fuel Reprocessing Plant) (ତାରାପୁର)

ଟ୍ରମ୍ବେସ୍ଥିତ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ଡିଜାଇନ, ନିର୍ମାଣ, ଓ ପରିଚାଳନା ଅଭିଜ୍ଞତା ହାସଲ ହେବା ପରେ BARC ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟ ତାରାପୁର ଓ ନିର୍ମାଣ ହେଉଥିବା ଅନ୍ୟ ପ୍ଲାଣ୍ଟଗୁଡ଼ିକରୁ ମିଳୁଥିବା ବିକିରିତ ଇନ୍ଧନର ସଂସାଧନ କରିବ ।

ନଉକ୍ଲିୟାର୍ ଇନ୍ଧନ ସଂସ୍ଥା (ହାଇଦରାବାଦ୍)
(Nuclear Fuel Complex) (Hyderabad)

ନଉକ୍ଲିୟାର୍ ପାଓ୍ୱାର ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଇନ୍ଧନ ଯୋଗାଇଥାଏ । ବିଶଦ ବିବରଣୀ 225 ପୃଷ୍ଠାରେ ମିଳିପାରିବ ।

ଭାରତୀୟ ୟୁରାନିୟମ କରପୋରେସନ ଲିମିଟେଡ
Uranium Corporation of India Ltd)(ଯଦୁଗୁଡା)

1967 ମସିହା ଅକ୍ଟୋବର ମସିହାରେ ଗଠିତ । ୟୁରାନିୟମ୍ ଖଣିର ଉନ୍ନୟନ ଓ ଯଦୁଗୁଡ଼ାସ୍ଥିତ ୟୁରାନିୟମ୍ ମିଲ୍ର ପରିଚାଳନା ଦାୟିତ୍ୱ ଏଥିରେ ନ୍ୟସ୍ତ । ପ୍ରତିଦିନ 700 ଟନ୍ ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତୁପିଣ୍ଡ କାର୍ଯ୍ୟ ଏହି ମିଲ୍ରେ ହୋଇଥାଏ ।

(ଭାରତୀୟ ରେୟାର୍ ଆରଥ୍ ଲିମିଟେଡ୍)
Indian Rare Earths Ltd:—

ଏହା ଏକ ଭାରତୀୟ କମ୍ପାନୀ ଓ 1950 ମସିହାରୁ କାର୍ଯ୍ୟକରି ଆସୁଅଛି । ମାନାଭାଲକୁରିଚି ଓ ଚାଭାରାର ଖଣିଜ ବାଲୁକା ଶିଳ୍ପର ପରିଚାଳନା ଓ ଆଲ୍ୱେ଼ଠାରେ ଥିବା ରେଆର୍ ଆରଥର ଉତ୍ପାଦନ ଦାୟିତ୍ୱ ଏହାର ଅନ୍ତର୍ଗତ । ସରକାରଙ୍କ ତରଫରୁ ଟ୍ରମ୍ବେରେ ଥୋରିୟମ୍ ଉତ୍ପାଦନ କରିଥାଏ ।

(ଭାରତୀୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକସ୍ କର୍ପୋରେସନ୍ ଲିମିଟେଡ୍)
(Electronics Corporation of India Ltd) (ହାଇଦରାବାଦ୍)

1967 ମସିହାରେ ଗଠିତ । BARC ଓ TIFR ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଇଲେକଟ୍ରୋନିକସ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ତଥା ବ୍ୟାପାରିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବହୁପ୍ରକାର ନଉକ୍ଲିୟାର ଯନ୍ତ୍ରପାତି, ନିୟନ୍ତ୍ରଣଯନ୍ତ୍ର ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକସ୍ କମ୍ପୋନେଣ୍ଟର୍ ଉତ୍ପାଦନ ଦାୟିତ୍ୱ ଏହାର ଅଛି ।

ଟାଟା, ମୌଳିକ ଗବେଷଣା ପ୍ରତିଷ୍ଠାନ (ବମ୍ବେ)
(Tata Institute of Fundamental Research, Bombay)

1945 ମସିହା ଜୁନ୍ ମାସରେ ସ୍ଥାପିତ । ନିଉକ୍ଲିୟାର ଓ ଗଣିତ ବିଜ୍ଞାନ ନିମିତ୍ତ ଏହା ଏକ ଜାତୀୟ ଅନୁଷ୍ଠାନ । ଏଠାରେ ଦୁଇଟି ସ୍କୁଲ ଅଛି-ସ୍କୁଲ୍ ଅଫ୍ ମାଥମେଟିକସ୍ ଓ ସ୍କୁଲ୍ ଅଫ୍ ଫିଜିକ୍ସ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ କଂପ୍ୟୁଟର, ବେଲୁନ ଫାବ୍ରିକେସନ୍ ଓ ଫ୍ଲାଇଙ୍ଗ୍ ଫାସିଲିଟି, ରେଡ଼ିଓ କାରବନ୍ ଡେଟିଙ୍ଗ ଲାବୋରେଟୋରୀ, ଟ୍ରାଇଟିୟମ୍ ଲାବୋରେଟୋରୀ, ତରଳ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଓ ତରଳ ହିଲିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ମଧ୍ୟ ଅଛି ।

ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଶକ୍ତି ସାଇକୋଟ୍ରନ, (କଲିକତା)
Variable Energy Cyclotrone, (Calcutta)

ଏହା କଲିକତାଠାରେ ସ୍ଥାପିତ । ବମ୍ବେର ଦି ହେଭି ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ କରପୋରେସନ୍, ଭୋପାଲର ଦି ହେଭି ଇଲେକ୍ଟ୍ରିକାଲ୍ସ୍ ଲିମିଟେଡ୍, ହାଇଦରାବାଦର ଦି ହେଭି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିକସ୍, କରପୋରେସନ୍ କଲିକତାର ଗାର୍ଡନରିଚ୍ ଓ୍ୱାର୍କସପ୍, ବାଙ୍ଗାଲୋରର ଦି ଟେଲିଫୋନ୍ ଇଣ୍ଡଷ୍ଟ୍ରିଜ ଲିମିଟେଡ୍ ପ୍ରଭୃତି କେତେକ କମ୍ପାନୀ BARC ସହିତ ସହଯୋଗ କରି ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରନ୍ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉପକରଣ ନିର୍ମାଣ କରୁଛନ୍ତି । ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ଉଚ୍ଚକୋଟୀର ଗବେଷଣା ନିମିତ୍ତ ସାଇକ୍ଲୋଟ୍ରନ୍ ଏକ ଅତି ଆଧୁନିକ ଉପକରଣ । କିରଣର ତୀବ୍ରତା ଅତିଉଚ୍ଚ ହେତୁ ଏହା ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଆଇସୋଟୋପ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିପାରିବ, ଯାହା ନିଉକ୍ଲିୟାର ରିଆକ୍ଟରରେ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ସଂସ୍ଥା, (ହାଇଦରାବାଦ)
(Nuclear Fuel Complex, Hyderabad)

1980 ମସିହା ସୁଦ୍ଧା ଦେଶରେ 2700 MW (e) ନିଉକ୍ଲିୟାର ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଲକ୍ଷ୍ୟ ଧାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇଛି ।

ସେଥିମଧ୍ୟରୁ ତାରାପୁରଠାରୁ 2×190 MW (e) = 380 MW(e)
ରାଜସ୍ଥାନର ଦୁଇୟୁନିଟରୁ 2×200 MW(e) = 400 MW(e)
ମାଡ୍ରାସର ଦୁଇ ୟୁନିଟରୁ 2×200 MW(e) = 400 MW (e)
ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ମିଳିପାରିବ ।

ଏହାବ୍ୟତୀତ ଗୋଟିଏ ୟୁନିଟ୍‌ରେ $2\times\approx 230$ MW(e) ଏବଂ ଦୁଇଟିୟୁନିଟ 2×500 MW(e) $= 1000$ MW(e) } ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମ ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ କରିବାର ପ୍ରସ୍ତାବ ଅଛି । କଞ୍ଚାମାଲଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ରିଆକ୍ଟର ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରସ୍ତୁତ କାର୍ଯ୍ୟ ଏହି ବିଭାଗ ଦ୍ୱାରା କରାଯାଇଥାଏ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ସଂସ୍ଥା (ହାଇଦରାବାଦ) ଉପରୋକ୍ତ ପ୍ଲାଣ୍ଟଗୁଡ଼ିକ ନିମନ୍ତେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପକରଣସବୁ ଯୋଗାଇବ ।

(1) ତାରାପୁର ଓ ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର ୟୁନିଟ 1କୁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଜିରକାଲୟ ଓ ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ ଇନ୍ଧନ (Replacement Fuel),

(2) ମାଡ୍ରାସ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ପ୍ରୋଜେକ୍ଟ MAPPକୁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଜିରକାଲୟ ଓ ଇନ୍ଧନ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ପ୍ରତିଷ୍ଠା ହେବାକୁ ଯାଉଥିବା CANDU-ଶ୍ରେଣୀୟ ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଇନ୍ଧନ ।

(3) ରାଜାସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ର ୟୁନିଟ୍-2 ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଓ ପ୍ରତିସ୍ଥାପନ ଇନ୍ଧନ ନିମ୍ନଲିଖିତ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ୟୁନିଟ ନେଇ ଏହି ସଂସ୍ଥା ଗଠିତ ।

(1) ୟୁରାନିୟମ ଅକସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Uranium Oxide Plant)—

ବିହାର ପ୍ରଦେଶର ଯଦୁଗୁଡ଼ାରୁ ୟୁରାନିୟମ କରପୋରେସନ ଅଫ ଇଣ୍ଡିଆ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରାପ୍ତ ୟୁରାନିୟମ୍ ଧାତବପିଣ୍ଡକୁ ରିଆକ୍ଟର-ଉପଯୁକ୍ତ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅକସାଇଡ ଗୁଣ୍ଡରେ ପରିଣତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏଥିରୁ ବାର୍ଷିକ 125 ଟନ ରିଆକ୍ଟର-ଉପଯୁକ୍ତ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅକସାଇଡ୍ ଗୁଣ୍ଡ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାହେବ ।

(2) ଜିରକୋନିୟମ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Zirconium Plant)—

ଏହା 3ଟି ପ୍ଲାଣ୍ଟ ନେଇ ଗଠିତ

(a) ଜିରକୋନିୟମ ଅକସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ

(b) ଜିରକୋନିୟମ୍ ସ୍ପଂଜ ପ୍ଲାଣ୍ଟ

(c) ଜିରକାଲୟ ଫାବ୍ରିକେସନ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ

ଇଣ୍ଡିୟାନ ରେଆର ଆରଥ ଲିମିଟେଡ୍‌ରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ଜିରକନ୍ ବାଲି ଜିରକୋନିୟମ ଅକସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ହାଫନିୟମ୍ ମୁକ୍ତ ଜିରକୋନିୟମ୍ ଅକସାଇଡରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ

ଏବଂ ପରେ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ଜିରକୋନିୟମ୍ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ଧାତୁରେ ପରିଣତ ହୋଇଥାଏ । ଜିରକାଲିସ୍ ଫାବ୍ରିକେସନ ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଗ୍ରେଡ଼ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ରକୁ ରିଆକ୍ଟର ଯୋଗ୍ଡ଼ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉପକରଣରେ ପରିଣତ କରାଯାଇଥାଏ । ବାର୍ଷିକ 50 ଟନ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜିରକାଲିସ୍ ଉପକରଣ ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହେବ ବୋଲି ଲକ୍ଷ୍ୟଧାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଇଛି ।

(3) ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Ceramic Full Fabrication Plant)—

ୟୁରାନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ଼ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ପ୍ରାପ୍ତ ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ଉପଯୁକ୍ତ ୟୁରାନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ ଗୁଣ୍ଡ ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟରେ ସିଣ୍ଟର୍ଡ଼ ପିଲେଟ (Sintered Pellets)ରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଜିରକାଲିସ୍ ନଳୀଗୁଡ଼ିକରେ ସିଲ କରାହୁଏ ଏବଂ ଏହି ନଳୀଗୁଡ଼ିକୁ ଇନ୍ଧନ ଏଲିମେଣ୍ଟ ଗୁଚ୍ଛ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ ବାର୍ଷିକ 100 ଟନ ଇନ୍ଧନ ଏଲିମେଣ୍ଟ ଏଥିରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇପାରିବ ।

(4) ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Enriched Uranium Oxide P[ant)—

ଏହି ପ୍ଲାଣ୍ଟ ବିଦେଶରୁ ଆମଦାନୀ ହେଉଥିବା ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ ହେକ୍ସାଫ୍ଲୋରାଇଡକୁ ମୃତ୍ତିକାଶିଳ୍ପ ଉପଯୁକ୍ତ ୟୁରାନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ ଗୁଣ୍ଡରେ ପରିଣତ କରିଥାଏ । ଏଥିରୁ ବାର୍ଷିକ 25 ଟନ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ଼ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇପାରିବ ।

(5) ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ— Enriched Uranium Fule Fabrication Plant)

ୟୁରାନିୟମ ଅକ୍ସାଇଡ଼ ପ୍ଲାଣ୍ଟରୁ ମିଳୁଥିବା ଗୁଣ୍ଡକୁ ଜିରକାଲିସ୍-କ୍ଲାଡ ଇନ୍ଧନ ଏଲିମେଣ୍ଟରେ ପରିଣତ କରି ତାରାପୁର ଶକ୍ତି କେନ୍ଦ୍ରକୁ ପଠାଯାଏ ।

(6) ବିଶିଷ୍ଟ ଧାତୁପିଣ୍ଡ (ıpecial Ma irials Plant)—

ଅତି ବିଶୁଦ୍ଧ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିକ୍ ଗ୍ରେଡ୍ ବସ୍ତୁ ଏହି କାରଖାନାରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇଥାଏ । ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆଣ୍ଟିମୋନି, ଆରସେନିକ୍, ବିସମଥ୍, କାଡ଼ମିୟମ୍, ଗେଲିୟମ୍, ସୁନା, ଇଣ୍ଡିୟମ୍, ସୀସା, ସେଲେନିୟମ୍, ରୁପା, ଟେଲୁରିୟମ୍, ଟିଣ ଓ ଦସ୍ତା ପ୍ରଧାନ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଏଥିରୁ ବାର୍ଷିକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନିକ୍ସ ଶିଳ୍ପ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ 1 ଟନ କାପାସିଟର ଗ୍ରେଡ଼ ଟାଣ୍ଟାଲମ୍ ଧାତୁମଳ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।

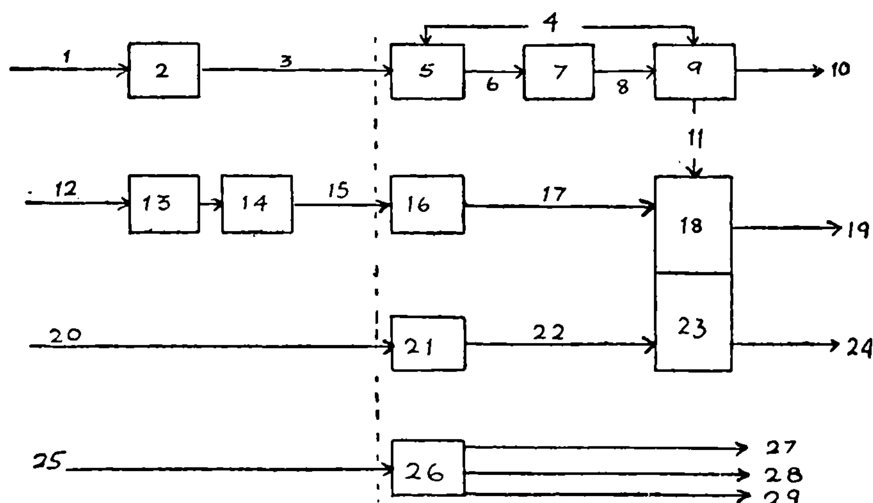
(7) ଜିରକୋନିୟମ ଗୁଣ୍ଡ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (Zirc nium Powder Plant)—

ଜିରକୋନିୟମ ସ୍ପଞ୍ଜ ଧାତୁକୁ ଅତି ସୂକ୍ଷ୍ମ ଆକାରର ଜିରକୋନିୟମ୍ ଗୁଣ୍ଡରେ ପରିଣତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଗୁଣ୍ଡ ବିସ୍ଫୋରକ ଶିଳ୍ପ, ଭାକ୍ୟୁମଟ୍ୟୁବ, ଉତ୍ପାଦନ ଏବଂ ଫଟୋଫ୍ଲାସ୍‌ଟ୍ୟୁବରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଥାଏ ।

(8) ଗୁଣ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ପରୀକ୍ଷାଗାର (Quality Control Laboratory)

ଏଥିରେ ମେଟାଲୋଗ୍ରାଫିକ, ମେକାନିକାଲ ଓ ସଂରକ୍ଷଣପରୀକ୍ଷା ନିମିତ୍ତ ସୁବିଧା ସୁଯୋଗ ଅଛି ।

ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ସଂସ୍ଥା ପରିଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ଦୈନିକ 15 MW (e) ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଏବଂ 0.4 ନିୟୁତ ଗ୍ୟାଲନ ଜଳ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ । ଏଥିରେ 80 ଇଂଜିନିୟର, 200 ସାଇନ୍‌ଟିଫିକ ଆସିଷ୍ଟାଣ୍ଟ ଓ 950 ଟେକନିସିଆନ ସମେତ 1300 କର୍ମଚାରୀଙ୍କର କର୍ମ ସଂସ୍ଥାନ ହୋଇପାରିବ ।



ନିଉକ୍ଲିୟାର ଇନ୍ଧନ ସଂସ୍ଥା (ହାଇଦରାବାଦ୍)
(ଚିତ୍ର ନଂ 83) Nuclear Fuel Complex (Hyderabad)

ନିଉକ୍ଲିୟାର୍ ଇନ୍ଧନ ସଂସ୍ଥା

(Neuclear Fuel Complex)

(ବ୍ଲକରେ ଥିବା ସଂଖ୍ୟାଗୁଡ଼ିକର ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ବିବରଣୀ)

1. କେରଳ ଓ ତାମିଲନାଡ଼ୁ ସମୁଦ୍ର କୂଳ ବାଲି
2. IRE, ମାନାଭାଲକୁଚି ଓ ଚଭରରେ ବାଲି ପୃଥକ୍ କରଣ
3. ଜିରକନ୍ ବାଲି
4. ଜିରକୋନିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
5. ଜିରକୋନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ଼ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
6. ଜିରକୋନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ(ନିଉକ୍ଲିୟାର ଗ୍ରେଡ୍)
7. ଜିରକୋନିୟମ୍ ସ୍ପଞ୍ଜ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
8. ଜିରକୋନିୟମ୍ ସ୍ପଞ୍ଜ ଧାତୁ
9. ଜିରକୋନିୟମ୍ ପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
10. ଜିରକାଲୟ ସଂରଚନା ଉପକରଣ
    (ତାରାପୁର ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ)
    କାଣ୍ଡୁ-ଶ୍ରେଣୀ ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଶୀତନକନଳୀ, କାଲଣ୍ଡ୍ରିୟା ଓ ପ୍ରବାହନଳୀ
11. ଜିରକାଲୟ-2 ଇନ୍ଧନ ଉପକରଣ
12. ୟୁରାନିୟମ୍ ମହାଜନ୍ଦ୍ (ବିହାର)
13. UCIL, ଯଦୁଗୁଡା ଖଣି
14. ମିଲରେ ଧାତବପିଣ୍ଡ ସକେନ୍ଦ୍ରୀକରଣ
15. ମ୍ୟାଗନେସିୟମ୍ ଡ଼ାଇୟୁରାନେଟ୍
16. ୟୁରାନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
17. ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ଗ୍ରେଡ୍ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍
18. ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
19. କାଣ୍ଡୁ-ଶ୍ରେଣୀ ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଇନ୍ଧନ ଗୁଚ୍ଛ
20. ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ହେକ୍ସାଫ୍ଲୁରାଇଡ୍ (ଆମେରିକାରୁ ଆମଦାନୀ ହୁଏ)
21. ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
22. ମୃତ୍ତିକା ଶିଳ୍ପ ଗ୍ରେଡ୍ ସମୃଦ୍ଧ ୟୁରାନିୟମ୍ ଅକ୍ସାଇଡ୍
23. ସମୃଦ୍ଧ ଇନ୍ଧନ ପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
24. ତାରାପୁର ରିଆକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଇନ୍ଧନ ଉପ-ସମାବେଶ
25. କଞ୍ଚାମାଲ (ଆଂଶିକ ସ୍ୱଦେଶୀ, ଆଂଶିକ ବିଦେଶୀ)
26. ଖାସ୍ ଧାତୁ ପ୍ଲାଣ୍ଟ
27. କାପାସିଟର ଗ୍ରେଡ୍-ଟାଣ୍ଟାଲମ୍ କଞ୍ଚାମାଲ-ଭାରତୀୟ କଲମ୍ବାଇଟ୍ (ଧାତବପିଣ୍ଡ)
28. ମାଇକ୍ରନ୍ ଆକାର-ଜିରକୋନିୟମ୍ ଗୁଣ୍ଡ (କଞ୍ଚାମାଲ-ଭାରତୀୟ ଜିରକନ୍)
29. ଇଲେକ୍ଟ୍ରନିକ-ଗ୍ରେଡ୍ ଧାତୁ ସମୂହ

ଆଣ୍ଟିମୋନି	$POCl_3$	
ଆର୍ସେନିକ	ବୋରନ୍	ଟେଲୁରିୟମ୍
ଗେଲିୟମ୍	ବିସମଥ	ଇଣ୍ଡିୟମ୍
ଦସ୍ତା	ସେଲିନିୟମ୍	
କ୍ୟାଡ୍ମିୟମ୍	ସୁନା	
ରୂପା	ସୀସା	
	ଟିନ୍	

ଆଣବିକ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ ଏବଂ ଇନ୍ଧନ ସମୂହ
(Atomic Minerals and Fuels—)

ୟୁରାନିୟମ୍, ଥୋରିୟମ୍, ବେରିଲିୟମ୍, କଲମ୍ବିୟମ୍-ଟାଣ୍ଟାଲମ୍ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ କେଉଁଠାରେ କେତେ ପରିମାଣରେ ମିଳିପାରିବ ସେଗୁଡ଼ିକର ସର୍ଭେ ଓ ବ୍ୟୟ ଅଟକଳ କରିବା ଏହି ବିଭାଗର ଦାୟିତ୍ୱ ।

ୟୁରାନିୟମ୍ ଅନ୍ବେଷଣ—

ବିହାର ପ୍ରଦେଶର ସିଂହଭୂମ୍ ଥ୍ରଷ୍ଟବେଲ୍ଟ ଅନ୍ତର୍ଗତ ନରଓ୍ୱାପାହାଡ଼, ଭାଟିନ୍, ବାଗଜାତା, ତୁରାମଡ଼ିହ, ଲୋଟପାହାଡ଼, ଡୁଡ଼ରା, ରାଜଗାଓଁ ଓ ପାଟକିତା, ମଧ୍ୟପ୍ରଦେଶ ଅନ୍ତର୍ଗତ ପୋଲିପଥର ମାନସିଂହପୁରା (ବେଟୁଲ ଜିଲ୍ଲା), ବଜ୍ରପାଣି (ଦୁର୍ଗ ଜିଲ୍ଲା), ଧବି (ସାରଗୁଜା ଜିଲ୍ଲା), ରାଜସ୍ଥାନ ପ୍ରଦେଶ ଅନ୍ତର୍ଗତ ସିସଓ୍ୱାଲି ଓ ସିଓର୍ (ଝୁନ୍‌ଝୁନ୍ ଜିଲ୍ଲା) ଉତ୍ତରପ୍ରଦେଶ ଅନ୍ତର୍ଗତ ଦେଓଥାନ ଓ କ୍ଷେତପାଲରେ ଭୂଗର୍ଭରେ ଗର୍ତ୍ତ କରି ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ଅନ୍ବେଷଣ କରାଯାଉଛି । ଯଦୁଗୁଡ଼ାରେ ଭୂନିମ୍ନରେ ଧାତବ ପିଣ୍ଡ ବହୁ ପରିମାଣରେ ମହଜୁଦ୍ ଥିବାର ସନ୍ଧାନ ମିଳିଛି । ତୁରାମଡ଼ିହ ଓ ଧବି ଖଣି ଅଞ୍ଚଳରେ ଉଲ୍ଲେଖନୀୟ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ସନ୍ଧାନ ମିଳିଛି । ଭୂବୈଜ୍ଞାନିକ ସର୍ଭେ ଦ୍ୱାରା ହରିୟାନାର ସିଓ୍ୱାଲିକ୍ ପଥର, ହିମାଳୟ ପାଦଦେଶରେ ସବୁଜ ଧୂସର ଫେଲ୍‌ସ୍ପାର ବାଲିପଥର ଓ ସ୍ତନ୍ୟପାୟୀ ପ୍ରାଣୀର ଜୀବାଂଶରେ ଉଚ୍ଚ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଥିବାର ସନ୍ଧାନ ମିଳିଛି । ଏହି ତେଜସ୍କ୍ରିୟତାରୁ ପଥରରେ ଥିବା ୟୁରାନିୟମ୍‌ର ଅନ୍ବେଷଣ କରାଯାଇପାରିବ । ୟୁରାନିୟମ୍ ନିମିତ୍ତ ଯେତେକ ରେଡ଼ିଓମେଟ୍ରିକ୍ ଓ ଭୂବୈଜ୍ଞାନିକ ଅନ୍ବେଷଣ କରାଯାଇଛି, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ-ପ୍ରଦେଶର ବେଟୁଲ ଓ ହୋସାଙ୍ଗାବାଦର ୟୁରାନିଫେରସ୍ ବାଲିପଥର ଏହି ପ୍ରଦେଶର ସାରଗୁଜା ଜିଲ୍ଲାର ଧବିଟାରେ ୟୁରାନିଫେରସ୍ ସାଏନାଇଟ (Uraniferous Syenite), ଉତ୍ତର ପ୍ରଦେଶର ଡେରାଡ଼ୁନ୍ ଜିଲ୍ଲାର ମସୌରୀରେ ୟୁରାନିୟମ୍ ଥିବା ଫସ୍‌ଫୋରାଇଟ୍, ମଧ୍ୟପ୍ରଦେଶର ରାଜଗଡ଼ ଜିଲ୍ଲାର ଜାମଚୂଆ କୁନକୁରି ଅଞ୍ଚଳରେ biotite granite-gneisses ଏବଂ ବିହାରର ରାଞ୍ଚି ଜିଲ୍ଲାରେ Precambrian -gnite gnisses ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ।

ଥୋରିୟମ୍ ଅନ୍ବେଷଣ—

କେରଳ ପ୍ରଦେଶର ନିନ୍ଦାକାରା-କାୟାମକୁଲମ୍ ଓ ଓଡ଼ିଶାର ଗଞ୍ଜାମ ଜିଲ୍ଲାର ଛତ୍ରପୁର ବେଳାଭୂମିରେ ଇଲମେନାଇଟ୍, ମୋନାଜାଇଟ୍ ଓ ଅନ୍ୟ ଗୁରୁ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ କେତେ ପରିମାଣରେ ମହଜୁଦ ଅଛି; ତାହାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି । ଓଡ଼ିଶାର ବ୍ରହ୍ମପୁର-ଠାରେ ଗୋଟିଏ ଫିଲ୍ଡ ପରୀକ୍ଷାଗାର ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଛି ଓ ବେଳାଭୂମିରୁ ସଂଗୃହୀତ

ନମୁନାଗୁଡ଼ିକରେ କେତେ ପରିମାଣର ଗୁରୁ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ ଅଛି, ତାହାର ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଛି । ଏହା ଛଡ଼ା ସମୁଦ୍ର ବେଳାଭୂମିର ଅପରଦନ (Erosion) ଓ ଅଭିବୃଦ୍ଧି (Accretion)ର ମଧ୍ୟ ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଛି ।

ବେରିଲିୟମ ଓ କଲମ୍ବିୟମ-ଟାନଟାଲମ୍ ଅନ୍ୱେଷଣ—

ବିହାର, ରାଜସ୍ଥାନର ଅଭ୍ରକଟିବନ୍ଧ, ଓଡ଼ିଶାର କିଛି ଅଂଶରେ, ମହୀଶୂର, ଗୁଜରାଟ, ତାମିଲନାଡୁରେ ପେଗମାଟାଇଟ (Pegmatite)ରେ ବେରିଲ (Beryl) ଓ ଅନ୍ୟ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ସର୍ଭେ କାର୍ଯ୍ୟ ଚାଲୁ ରହିଛି । ପଶ୍ଚିମବଙ୍ଗର କିଛି ଅଂଶ, ରାଜସ୍ଥାନ, ଜାମୁ ଓ କାଶ୍ମୀର, ହିମାଚଳପ୍ରଦେଶ, ତାମିଲନାଡୁ ଓ ଆନ୍ଧ୍ରପ୍ରଦେଶରେ ଗ୍ରାଇନାଇଟ୍ କାରବୋନେଟାଇଟ ପଥରରେ କଲମ୍ବିୟମ୍-ଟାନଟାଲମ୍ ଥିବା ସନ୍ଧାନ ମିଳିଛି । ଜାମୁ ଓ କାଶ୍ମୀରର ଡୋଡ଼ା ଜିଲ୍ଲାର ନାଗିବାଲଠାରେ ବାଲିରେ କଲମ୍ବିୟମ ଥିବାର ସୂଚନା ମିଳିଛି । ପଶ୍ଚିମବଙ୍ଗର ପୁରୁଲିଆଜିଲାର ଭବାନୀପୁର ନିକଟରେ ଫେରୁଗିନସ୍‌କେଓଲିନଟିକ ପଥର ପରୀକ୍ଷାରୁ ଏଥିରେ 0.16 0.33°/ₒ Ta_2o_5 ଏବଂ 0.11-3.20°/ₒ Nb_2o_5 ଥିବାର ସୂଚନା ମିଳିଛି । ତାମିଲନାଡୁର ଉତ୍ତର ଆରକଟ ଜିଲାର ସେବାଟୁରରେ ୟୁରେନୋନ ପାଇରୋକ୍ଲୋର ଥିବା କାରବୋନାଟାଇଟକୁ ଭୂଗର୍ଭରେ ଡ୍ରିଲ୍ କରି ଆଣି ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଉଛି ।

ଆଣବିକ ଇନ୍ଧନ ସମୂହ
(Atomic Fuels)

CIRUS ଓ ZERLINA ନିମିତ୍ତ ଇନ୍ଧନ ଏଲିମେଣ୍ଟର ଉତ୍ପାଦନ BARCର ଆଣବିକ ଇନ୍ଧନ ବିଭାଜନ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ବିଭିନ୍ନସ୍ଥ ଓ ଜଙ୍ଗର ଏଲିମେଣ୍ଟ ଓ ରିଏକ୍ଟରର ସମେତ୍ ନିଉକ୍ଲିୟର ପାୱାର ରିଏକ୍ଟର ନିମିତ୍ତ ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରସ୍ତୁତି ଓ ଉନ୍ନୟନ କାର୍ଯ୍ୟ ଏହି ବିଭାଗ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଥାଏ ।

ରାଜସ୍ଥାନ ଆଣବିକ ଶକ୍ତି ପ୍ରୋଜେକ୍ଟର ପ୍ରଥମ ୟୁନିଟ ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଇନ୍ଧନର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ଉତ୍ପାଦନ ଏହି ବିଭାଗ ଦ୍ୱାରା ହୋଇଛି ।

ଭାରତରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଓ୍ୱାରର ଭବିଷ୍ୟତ

ଭାରତରେ ଯେଉଁସବୁ ପାଓ୍ୱାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି, ପୃଥିବୀର ଅନ୍ୟ ଦେଶ ତୁଳନାରେ ଏଗୁଡ଼ିକ ଆକାରରେ କ୍ଷୁଦ୍ର । କ୍ଷୁଦ୍ର ପାଓ୍ୱାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପୁଞ୍ଜିଲଗାଣ ଅଧିକ । ପାଓ୍ୱାର କେନ୍ଦ୍ରର ଆକାର ଓ ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମତା ବୃଦ୍ଧିପ୍ରାପ୍ତ ହେଲେ ପୁଞ୍ଜିଲଗାଣ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । 600 ମେଗାଓ୍ୱାଟ CANDU—ଶ୍ରେଣୀସ୍ଥ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଓ୍ୱାର କେନ୍ଦ୍ର ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ଟର୍ବୋ ଜେନେରେଟରର ଷ୍ଟେଟର ଓଜନ 280 ଟନ । କାଲାଣ୍ଡ୍ରିୟାର ବ୍ୟାସ 28 ଫୁଟ ଓ ଓଜନ 100 ଟନ । ଖଣ୍ଡ ଖଣ୍ଡ ନ କରି ଏଗୁଡ଼ିକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତର କରାଯାଏ । ରେଲ ଓ ସଡ଼କ ପଥରେ ଏତେ ବଡ଼ ବଡ଼ ଖଣ୍ଡ ଗୁଡ଼ିକୁ ବୋହି ନେବା ସୁବିଧାଜନକ ନୁହେଁ । ତେଣୁ ବଡ଼ ଧରଣର ପାଓ୍ୱାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ ଏହା ପ୍ରଧାନ ଅନ୍ତରାୟ ହୋଇଥାଏ । ଭବିଷ୍ୟତରେ ଏହାର ସମାଧାନ ଆବଶ୍ୟକ ।

ବଡ ଧରଣର ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଓ୍ୱାର କେନ୍ଦ୍ରରୁ ବହୁ ପରିମାଣରେ ପାଓ୍ୱାର ଉତ୍ପାଦନ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହାର ଉପଯୋଗ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିବା ଗ୍ରିଡ଼ଗୁଡ଼ିକ ଦ୍ୱାରା ଅତିରିକ୍ତ ପରିମାଣର ପାଓ୍ୱାର ଉପଯୋଗ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ତେଣୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାଓ୍ୱାର କେନ୍ଦ୍ର ନିକଟରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଶିଳ୍ପ-ସଂସ୍ଥା ସ୍ଥାପିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ, ଯହିଁରେ ଏହି ଅତିରିକ୍ତ ପାଓ୍ୱାର ଉପଯୋଗ ହୋଇପାରିବ । କୃଷି-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଓ ସୈନ୍ଧବ ଗାଙ୍ଗେୟ ସମତଳ ଅଞ୍ଚଳରେ କୃଷି ଭିତ୍ତିକ-ଶିଳ୍ପ ସମୂହ ସ୍ଥାପନ କରିବାଦ୍ୱାରା ଏହାର ସମାଧାନ ହୋଇପାରିବ ।

ଭାରତରେ ପ୍ରଚୁର ପରିମାଣର ଥୋରିୟମ ମହଜୁଦ ଅଛି । ଏହି ଥୋରିୟମ U-233କୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇପାରେ । ଆଗ୍ରୁ ଯେତିକି ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପିତ ହେବ ସେଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରାକୃତିକ ୟୁରାନିୟମରୁ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଓ ଥୋରିୟମରୁ U-233 ଉତ୍ପାଦିତ ହେବ । ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଉପଯୋଗ କରି ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଜନକ-ରିଆକ୍ଟର ଏବଂ ଥୋରିୟମ ଉପଯୋଗ କରି U-233 ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ ଗଳିତ ଲବଣ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର (Molten Salt Breeder Reactor) ସ୍ଥାପନ କରିବା ଭବିଷ୍ୟତର ଲକ୍ଷ୍ୟ ଅଟେ । ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟରରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ଏବଂ ୟୁରାନିୟମ ଅଥବା ଥୋରିୟମ ଆବରଣୀ ଭାବେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଏହି ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟରର ଉନ୍ନୟନ ଯୋଜନାକୁ ଭାରତର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କମିଶନ ଅଗ୍ରାଧିକାର ଦେଇଛନ୍ତି ।

କାଲପାକାମ୍‌ଠାରେ ଏକ ଦ୍ରୁତ ପରୀକ୍ଷା ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି । ସୋଡ଼ିୟମ-ଶୀତଳିତ ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟରରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଉପଯୋଗ କରି ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରି ହେବ କି ନାହିଁ, ତାହା ଏହି କାଲପାକାମ୍‌ଠାରେ ଥିବା

ରିଆକ୍ଟରରୁ ଧାରଣା କରି ହେବ । ଏହି ରିଆକ୍ଟରରୁ ନିର୍ମାଣ, ଉପକରଣ ପ୍ରସ୍ତୁତି ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଥିବା ଇନ୍ଧନର ପ୍ରତିସଂସାଧନ ଓ ପୁନଃପ୍ରସ୍ତୁତ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଆନୁଷଙ୍ଗିକ ବୈଷୟିକ ଜ୍ଞାନ ଉଦ୍ଭାବିତ ନିମିତ୍ତ ଆହରଣ କରାଯାଇପାରିବ । ବାଣିଜ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଫାଷ୍ଟ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର ବ୍ୟବହାର ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଏହି ଫାଷ୍ଟ ରିଆକ୍ଟରରେ ଇନ୍ଧନକୁ କିପରି ଉପଯୋଗ କରିହେବ ଏବଂ ପାରିପାର୍ଶ୍ଵିକ ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଉପରେ ନିଉଟ୍ରନର କି ପ୍ରଭାବ ପଡ଼ିବ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ପ୍ରଥମେ ପରୀକ୍ଷା କରି ଦେଖାହେବ । ଏତଦ୍‌ବ୍ୟତୀତ ରିଆକ୍ଟରରୁ ଉତ୍ପାଦିତ ବିକିରିତ ଇନ୍ଧନର ପ୍ରତି ସଂସାଧନ ଶୀଘ୍ର ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଅତି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ଇନ୍ଧନରେ ପ୍ରତି ସଂସାଧନ କିପରି ଶୀଘ୍ର ହୋଇପାରିବ, ସେ ବିଷୟରେ ଅନ୍ୱେଷଣ କରି ଗବେଷଣା କରିବା ନିମିତ୍ତ କାଲପାକାମ୍‌ଠାରେ ସୁବିଧା ସୁଯୋଗ ଅଛି ।

ଫାଷ୍ଟ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟରରେ ଥୋରିୟମକୁ U-233ରେ ପରିଣତ କରାଯାଏ । ପରିବର୍ତ୍ତନ ନିମିତ୍ତ ଏହା କିନ୍ତୁ ଉତ୍ତମ ପଦ୍ଧତି ନୁହେଁ । ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ନିମିତ୍ତ ଗଳିତ ଲବଣ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟରର ବହୁଗୁଡ଼ିଏ ଆକର୍ଷଣୀୟ ଗୁଣ ଅଛି । ଏହି ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପନ ନିମିତ୍ତ ସ୍ୱଳ୍ପ ପୁଞ୍ଜି ଲଗାଣ ଆବଶ୍ୟକ ଏବଂ କିଲୋୱାଟ ଆୱାର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ପିଛା ଉତ୍ପାଦନ ବ୍ୟୟ ମଧ୍ୟ କମ୍ । ଆମେରିକାର ଓକ୍ ରିଜ୍ ଜାତୀୟ ପରୀକ୍ଷାଗାରରେ ଏହି ପରିକଳ୍ପନା କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ହୋଇଛି । ପ୍ରଥମେ U-235 ଏବଂ ନିକଟ ଅତୀତରେ U-233 ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇ ବ୍ୟବହାରିକ ଜ୍ଞାନ ହୋଇଛି । ଭାରତରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ବ୍ୟବହାର ହେବା ନିମିତ୍ତ ପ୍ରସ୍ତାବ ଅଛି; କିନ୍ତୁ ଏ ବିଷୟରେ ଯଥେଷ୍ଟ ଜ୍ଞାନ ଆହରଣ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯଦି ରିଆକ୍ଟରରେ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ ଇନ୍ଧନ ରୂପେ ଓ ଥୋରିୟମ୍ ଉର୍ବର ପଦାର୍ଥ ରୂପେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ, ତେବେ କିଛି ବର୍ଷ ପରେ ଆଉ ଅତିରିକ୍ତ ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ନାହିଁ; କାରଣ ରିଆକ୍ଟର ଅତ୍ୟଧିକ U-233 ଉତ୍ପାଦନ କରିବ ଏବଂ ସଂଜ୍ଞାନୁସାରେ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟରର ସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ।

ଏହି ପରିକଳ୍ପନାକୁ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କରିବା ନିମିତ୍ତ ଭାବା ଆଣବିକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ରରେ ଗବେଷଣା ଚାଲିଛି । ସାରଣୀ 10ରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପାୱାର ରିଆକ୍ଟରର ଏକ ତୁଳନାତ୍ମକ ବିଶ୍ଳେଷଣ ପ୍ରଦତ୍ତ ହୋଇଛି ।

ସାରଣୀ—10

ବିଭିନ୍ନ ରିଆକ୍ଟରର ତୁଳନାତ୍ମକ ବିଶ୍ଳେଷଣ

	ଭାରୀଜଳ ଚାପଯୁକ୍ତ		ଭାରୀଜଳ ଫୁଟନ୍ତା ଜଳ		ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଜନକ ସୋଡ଼ିୟମ ଶୀତଳୀତ ଅକ୍ସାଇଡ଼ ଇନ୍ଧନ		ଗଳିତ ଲବଣ ପ୍ରଜନକ	
ଆକାର-ମେଗାୱାଟ୍ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି/ୟୁନିଟ	600	1000	600	1000	600	1000	600	1000
ପୁଞ୍ଜି ଟଙ୍କାରେ/ କିଲୋୱାଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ପ୍ରତି	2020	1760	1765	1530	1800	1540	1665	1400
ଉତ୍ପାଦନ ବ୍ୟୟ ୦ ପଇସାରେ/ କିଲୋୱାଟ ଆୱାର ପ୍ରତି	3·59	3·18	3·28	2·88	3·25	3·86	2·85	2.46
ପୁନର୍ବାର ଇନ୍ଧନ ଗ୍ରହଣ	ଭାର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ		ଭାର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ		ପ୍ରତି 3/6 ମାସରେ		ଭାର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ	

ଯଥେଷ୍ଟ ପରିମାଣର ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ୍ ଉତ୍ପାଦନ ହେବାପରେ ଉନ୍ନତ ଧରଣର ରିଆକ୍ଟର ସ୍ଥାପିତ ହେବ ଏବଂ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଯୋଜନା ସମ୍ପ୍ରସାରିତ ହେବ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ଚାଳିତ କୃଷି ଭିତ୍ତିକ-ଶିଳ୍ପ ସମୂହ—
(Nuclear-Powered Agro-Industrial Complex)

ପୃଥିବୀରେ ପ୍ରଧାନତଃ ଭାରତରେ ଜନସଂଖ୍ୟା ବଢି ଚାଲିଛି । ଜନସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧି ସହ ଖାଦ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନରେ ଅନୁରୂପ ବୃଦ୍ଧି ହେଉନାହିଁ । ତେଣୁ ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥର ଉତ୍କଟ ଅଭାବ ପଡୁଛି । ଭାରତରେ ସ୍ୱଳ୍ପ ପରିମାଣର ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏହାର କାରଣ

ହେଲା ଜଳସେଚନର ଅଭାବ ଓ ଖୁବ୍ କମ ସାର ଉପଯୋଗ । ଭାରତରେ କୃଷି ମୁଖ୍ୟତଃ ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ଜନସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧି ସହ ଖାଦ୍ୟର ଉତ୍କଟ ଅଭାବ ଦେଖାଦିଏ । 1968-69ରେ ଅତିକମରେ ଦୈନିକ ଖାଦ୍ୟ ଚାହିଦା ମେଣ୍ଟାଇବା ପାଇଁ 9·4 କୋଟି ଟନ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ସ୍ଥଳେ 1975-76ରେ 13·1 କୋଟି ଟନ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ବୋଲି ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି । ଏହି ଖାଦ୍ୟ ସମସ୍ୟା କେବଳ ଉନ୍ନତ ଧରଣର କୃଷି ଓ ବୀଜକୁ ଉପଯୋଗ କରି କରାଯାଇପାରେ ।

ସବୁଜ ବିପ୍ଳବରେ ଅଗ୍ରଗତି କରିବା ନିମିତ୍ତ ରାସାୟନିକ ସାର ଉତ୍ପାଦନରେ ଆତ୍ମ ନିର୍ଭରଶୀଳ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଭାରତରେ ହେକ୍ଟାର ପିଛା ଯାହା ରାସାୟନିକ ସାର ଉପଯୋଗ କରାଯାଏ ତାହା ପୃଥିବୀର ହାରାହାରି ସାର ଉପଯୋଗର ଶତକଡ଼ା 23 ଭାଗ । ତେଣୁ ଖାଦ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନରେ ବୃଦ୍ଧି ନିମିତ୍ତ ରାସାୟନିକ ସାର ଶିଳ୍ପର ସଂପ୍ରସାରଣ ଆବଶ୍ୟକ । ଆସନ୍ତା 5 ବର୍ଷ ମଧ୍ୟରେ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଓ ଫସ୍‌ଫେଟ ରାସାୟନିକ ସାରରେ ଆତ୍ମନିର୍ଭରଶୀଳ ହେବା ନିମିତ୍ତ 490 କୋଟି ଟଙ୍କା ବୈଦେଶିକ ମୁଦ୍ରା ସହ 1300 କୋଟି ଟଙ୍କାର ପୁଞ୍ଜି ଲଗାଣ ଆବଶ୍ୟକ ।

ଭାରତରେ ମୌସୁମିବାୟୁ ପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଚୁର ପରିମାଣରେ ଜଳ ମିଳିଥାଏ । ତଥାପି କେତେକ ଅଞ୍ଚଳରେ ବୃଷ୍ଟିପାତର ଅନିଶ୍ଚିତତା ଥିବାରୁ ମୁଖ୍ୟତଃ ଏହି ଅଞ୍ଚଳରେ ଦୁର୍ଭିକ୍ଷ ଦେଖା ଦେଇଥାଏ । ଏହି ଦୁର୍ଭିକ୍ଷ ଅଞ୍ଚଳରେ ଅନାବୃଷ୍ଟି ବା ମଧ୍ୟମ ଧରଣର ବୃଷ୍ଟି ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଜଳସେଚନର କୌଣସି ସୁବିଧା ନ ଥାଏ । ତେଣୁ ଏ ଅଞ୍ଚଳରେ ଦୁର୍ଭିକ୍ଷକୁ ଏଡ଼ାଇବାକୁ ହେଲେ ଭୂପୃଷ୍ଠ ବା ଭୂନିମ୍ନର ଜଳକୁ ଉପଯୋଗ କରି ଜଳସେଚନ କରାଯାଇପାରେ ।

କୃଷିଜାତୀୟ ଉତ୍ପାଦନ ବୃଦ୍ଧିରେ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ସହାୟକ ହୋଇଥାଏ । ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନ କରିବାରେ ବିଶେଷ କଟକଣା ନଥାଏ । ତେଣୁ ଯେଉଁଠାରେ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ସେହିଠାରେ ମଧ୍ୟ ଏହି କେନ୍ଦ୍ରକୁ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇପାରେ । ତେଣୁ ତାର ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ପ୍ରେରଣ ଖର୍ଚ୍ଚ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ବ୍ୟୟ ଅଟକଳରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ବଡ଼ ଆକାରର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନରେ କ୍ଷୁଦ୍ରାକାର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥାପନ ଅପେକ୍ଷା ସ୍ୱଳ୍ପ ବ୍ୟୟ ହୋଇଥାଏ । ଆଉ ମଧ୍ୟ ବଡ଼ ଆକାରର ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ରରୁ ବହୁ ପାୱାର ମିଳିଥାଏ, ଯାହାର ଉପଯୋଗ ଭାରତର କ୍ଷୁଦ୍ର କ୍ଷୁଦ୍ର

ଘଟିବ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ଭବ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ତେଣୁ ପାୱାର କେନ୍ଦ୍ର ନିକଟରେ ପାୱାର ଉପଯୋଗ କରିବାଭଳି ଶିଳ୍ପସଂସ୍ଥାନ ସ୍ଥାପନ କରିବା ଦ୍ୱାରା ଏହି ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ ହୋଇପାରେ ।

ପ୍ରତି ୟୁନିଟ ପିଛା ପାୱାର ମୂଲ୍ୟ ହ୍ରାସ ହେଲେ ଆଲୁମିନିୟମ—ଖାରସୋଡ଼ା ଶିଳ୍ପ ଅଧିକ ଉପକୃତ ହେବେ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ସ୍ୱଳ୍ପ ବ୍ୟୟରେ ମିଳୁଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ ଶକ୍ତିକୁ ଉପଯୋଗ କରି ଜଳର ନିର୍ଲବଣୀକରଣ ହୋଇପାରେ । ନଳକୂପରୁ ଜଳ ଉତ୍ତୋଳନ କରି ଜଳସେଚନ ନିମିତ୍ତ ଜଳଯୋଗାଣ ହୋଇପାରେ । ନିର୍ଲବଣୀକରଣ ପରେ ପରିତ୍ୟକ୍ତ ଅତି ଲବଣଯୁକ୍ତ ଜଳରୁ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଉପଜାତ ଦ୍ରବ୍ୟ ମିଳିଥାଏ । ସେଗୁଡ଼ିକ ହେଲା ସାଧାରଣ ଲବଣ, ଜିପସମ୍, ବ୍ରୋମିନ୍, ମ୍ୟାଗ୍ନେସିୟମ୍ ଏବଂ ପଟାସ ରାସାୟନିକ ସାର ।

କୃଷି ଭିତ୍ତିକ ଶିଳ୍ପରେ ନାଇକ୍ଲ୍ୟାର ପାୱାର ଉପଯୋଗ ହେବାର ପରିକଳ୍ପନାର ପ୍ରାଧାନ୍ୟକୁ ଉପଲବ୍ଧି କରି ଭାରତର ଆଣବିକ ଶକ୍ତି କମିଶନ ଭାବା ଆଣବିକ ଗବେଷଣା କେନ୍ଦ୍ର (ବାର୍କ)ର କେତେକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓ ଇଂଜିନିୟରମାନଙ୍କୁ ନେଇ ଏକ ଅନୁଧ୍ୟାନକାରୀ ଦଳ ଗଠନ କରିଛନ୍ତି । ଏହି କମିଟି ଭାରତର ଦୁଇଟି ଅଞ୍ଚଳରେ ଯଥା ଉତ୍ତର ପଶ୍ଚିମରେ କୁଚ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଓ ପଶ୍ଚିମରେ ଉତ୍ତରପ୍ରଦେଶର ସୈନ୍ଧବ-ଗାଙ୍ଗେୟ ସମତଳ ଅଞ୍ଚଳରେ ଅନୁଧ୍ୟାନ କାର୍ଯ୍ୟ ଶେଷ କରିଛନ୍ତି ।

କୁଚ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳ :—

କୁଚ ଓ ଉତ୍ତରପଶ୍ଚିମ ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଶୁଷ୍କ ଅଞ୍ଚଳ ଅଟେ । ଉତ୍କଟ ଜଳାଭାବ ହେତୁ ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତି ଅବଲମ୍ବନ କରି ଜଳସେଚନ କରିବା ଅସମ୍ଭବ ହୋଇପଡ଼େ । କିନ୍ତୁ ନିର୍ଲବଣୀକରଣ ପରେ ଏହି ଜଳକୁ ଏ ଅଞ୍ଚଳର କୃଷି କାର୍ଯ୍ୟରେ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇପାରେ ଏ ଅଞ୍ଚଳରେ ଅନୁଧ୍ୟାନକାରୀ ଦଳ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ପ୍ରଧାନ ପ୍ରଧାନ ୟୁନିଟ ସ୍ଥାପନ କରିବା ନିମିତ୍ତ ସୁପାରିଶ୍ କରିଛନ୍ତି ।

(1) <u>ଦ୍ୱିବିଧ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ ।</u>

(i) ନାଇକ୍ଲ୍ୟାର ଓ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ।
(ii) ନିର୍ଲବଣୀ କରଣ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ।

(2) <u>ରାସାୟନିକ ସାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ</u>

(i) ଶୁଷ୍କ (Anhydrous) ଆମୋନିଆ

(ii) ଆମୋନିୟମ ନାଇଟ୍ରେଟ

(iii) ଡାଇଆମୋନିୟମ ଫସଫେଟ୍

(3) ଆଲୁମିନିୟମ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (ଆଲୁମିନିୟମ ଉପକରଣ ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ)

(4) କଷ୍ଟିକ-କ୍ଲୋରିନ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (ହାଇଡ୍ରୋକ୍ଲୋରିକ ଏସିଡରେ କ୍ଷାରସୋଡ଼ା ଉତ୍ପାଦନ ନିମିତ୍ତ)

(5) ସାମୁଦ୍ରିକ ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ (ସାଧାରଣ ଲବଣ, ଜିପସମ୍) ପ୍ରାପ୍ତି ନିମିତ୍ତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ସ୍ଥାପନ

(6) କୃଷି ଫାର୍ମ ଯେଉଁଠି ନିର୍ଲବଣୀକୃତ ଜଳ, ଜଳସେଚନରେ ଉପଯୋଗ ହୋଇପାରିବ ।

ଶିଳ୍ପ ବ୍ଲକରେ ପୁଞ୍ଜି ଲଗାଣ କେତେ ହେବ ତାହାର ଏକ ଅଟକଳ ହୋଇଛି ।

ସାରଣୀ—11

କଚ୍ଛ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳ

ପୁଞ୍ଜି ଲଗାଣ

ପ୍ଲାଣ୍ଟ	ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମତା	କୋଟି ଟଙ୍କା	
		ବୈଦେଶିକ ବିନିମୟ ମୁଦ୍ରା	ମୋଟ
ଦ୍ୱିବିଧ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟ	1200 ମେଗାୱାଟ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି 15 କୋଟି ଗ୍ୟାଲନ ଜଳ/ଦୈନିକ	750·6	37·4
ବିଭିନ୍ନ ରାସାୟନିକ ସାର	5330 ମେଟ୍ରିକ ଟନ/ଦୈନିକ	49·24	18·012
ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ	150 ମେଟ୍ରିକ ଟନ/ଦୈନିକ	17·494	38.687
ମୋଟ ଶିଳ୍ପବ୍ଲକ ନିମିତ୍ତ		142.334	598.207

ଶିଳ୍ପବ୍ଲକ ନିମିତ୍ତ ମୋଟ ପୁଞ୍ଜି ଲଗାଣ ପ୍ରାୟ 600 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଆୟ ପ୍ରାୟ 71 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ ।

ସାରଣୀ—12

କ୍ଛ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳ

ଯୋଜନାର କୃଷି ଅର୍ଥନୀତି (Agricultural Economics of the Project)

ଜଳସେଚିତ ହେବା ଅଞ୍ଚଳ

ତିନିଗୁଣା ଫସଲ (Tripale Cropping)	9,200 ହେକ୍ଟାର
ଏକ ଫସଲ (Single Cropping)	38,400 ହେକ୍ଟାର
କୃଷି ଉତ୍ପାଦନ	
ଶଙ୍କର ମକା (Hybrid maize)	192,000 ଟନ
ଆଳୁ	390,000 ଟନ
ଚିନାବାଦାମ	46,000 ଟନ
ରାସାୟନିକ ସାର ଉତ୍ପାଦନ	
ଯବକ୍ଷାରଜାନ	447,000 ଟନ
ଫସ୍‌ଫରସ ପେଣ୍ଟକସାଇଡ୍	331,000 ଟନ
ଏହି ଯୋଜନାର ରାସାୟନିକ ସାର ଉପଯୋଗ	
ଯବକ୍ଷାରଜାନ	3,900 ଟନ
ଫସଫରସ ପେଣ୍ଟକସାଇଡ୍	3,100 ଟନ

ଲବଣୀକରଣ ପରେ ଜଳକୁ ଜଳସେଚନରେ ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ 600,000 ଟନ ଅତିରିକ୍ତ ଖାଦ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଇପାରିବ ଏବଂ ଏହା ପ୍ରାୟ ଏକ ନିୟୁତ ଲୋକଙ୍କର ଖାଦ୍ୟ ଆବଶ୍ୟକତା ମେଣ୍ଟାଇପାରିବ । ଏହି କୃଷି ବିଭାଗରୁ ଆୟ ପ୍ରାୟ 14 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ ।

ପଶ୍ଚିମ ଉତ୍ତର ପ୍ରଦେଶ ଅଞ୍ଚଳ—

ଭୂଗର୍ଭରେ ଜଳଭଣ୍ଡାର ସୃଷ୍ଟି କରିବା ନିମିତ୍ତ ଉତ୍ତର ପ୍ରଦେଶର ମୃତ୍ତିକା ଖୁବ ଉପଯୁକ୍ତ । ସଘନ କୃଷି ଉନ୍ନୟନ ନିମିତ୍ତ ଏହି ଭଣ୍ଡାରଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଧାନ ଜଳଉତ୍ସଭାବେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିଥାନ୍ତି । ଏହି ଅଞ୍ଚଳରେ ନଳକୂପ ସ୍ଥାପନ କରି ଅଗଭୀର ଓ ଗଭୀର ଖାଲୁଆ ଅଞ୍ଚଳରୁ ଜଳ ଉତ୍ତୋଳନ କରିହେବ । ପଶ୍ଚିମ ଉତ୍ତର ପ୍ରଦେଶର ମିରଟ୍ ଆଗ୍ରା ଓ ରୋହିଲ-ଖଣ୍ଡର 7.7 କୋଟି ହେକ୍ଟାର ଅଞ୍ଚଳ ନେଇ ଏହି କୃଷି-ଶିଳ୍ପ ଅଞ୍ଚଳ ଗଠିତ ।

କୁଚ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳ ଭଳି ଏହି ଯୋଜନାରେ ଦୁଇଟି ବ୍ଲକ ରହିବ—କୃଷି ବ୍ଲକ୍ ଓ ଶିଳ୍ପ ବ୍ଲକ । 1.5 ନିୟୁତ ହେକଟାର ଫାର୍ମ ଜମି ଏହି କୃଷି ବ୍ଲକରେ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ।

ଶିଳ୍ପ ବ୍ଲକର ପ୍ରଧାନ କାର୍ଯ୍ୟ ହେଲା କୃଷି ଯୋଜନା ନିମିତ୍ତ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ରାସାୟନିକ ସାର ଯୋଗାଇବା ଓ ନଳକୂପ ଚଳାଇବା ନିମିତ୍ତ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇବା । ଶିଳ୍ପ ବ୍ଲକର ପ୍ରଧାନ ୟୁନିଟ୍ ଗୁଡ଼ିକ ହେଲା—

(1) ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ।

(2) ରାସାୟନିକ ସାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ।

(i) ଶୁଷ୍କ ଆମୋନିଆ

(ii) ଆମୋନିୟମ ନାଇଟ୍ରେଟ

(iii) ଡାଇଆମୋନିୟମ ଫସଫେଟ୍

(3) ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ (ବକସାଇଟରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ ଅଲୁମିନିୟମ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ସମସ୍ତ ୟୁନିଟ ସମେତ)

ଦୁଇଟି 600 ମେଗାୱାଟ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମ CANDU ଶ୍ରେଣୀୟ ରିଅକ୍ଟର ନେଇ ନିଉକ୍ଲିୟାର ପାୱାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଗଠିତ । ଏଥିରୁ ଯଥେଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ରାସାୟନିକ ସାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ, ଆଲୁମିନିୟମ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ଓ ନଳକୂପ ଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଇପାରିବ ।

ବାର୍ଷିକ 372,174 ଟନ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଓ 206,250 ଟନ ଫସ୍‌ଫରସ ପେଣ୍ଟକସାଇଡ଼ ରାସାୟନିକ ସାର ଉତ୍ପାଦିତ ହେବାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି । ରାସାୟନିକ ସାର ପ୍ଲାଣ୍ଟ ପରିଚାଳନା ନିମିତ୍ତ 775 ମେଗାୱାଟ୍ ଓ ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ ନିମିତ୍ତ 125 ମେଗାୱାଟ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ହେବ । ଆଲୁମିନିୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟର ବାର୍ଷିକ 50.000 ମେଟ୍ରିକ ଟନ ଉତ୍ପାଦନ କରିବାର କ୍ଷମତା ରହିବ । ଅବଶିଷ୍ଟ 300ମେଗାୱାଟ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ପ୍ରସ୍ତାବିତ ନଳକୂପ ଚାଳନା ନିମିତ୍ତ ଉପଯୋଗ କରାହେବ ।

ସାରଣୀ—13

ପଶ୍ଚିମ ସୈନ୍ଧବ-ଗାଙ୍ଗେୟ ସମତଳ ଅଞ୍ଚଳ

ପୁଞ୍ଜିଲଗାଣ

ପ୍ଲାଣ୍ଟ	ଉତ୍ପାଦନ କ୍ଷମତା	କୋଟି ଟଙ୍କା	
		ବୈଦେଶିକ ମୁଦ୍ରା	ମୋଟ
ନଉକ୍ଲିୟାର ଆଇଲଣ୍ଡ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ଲାଣ୍ଟ	1200 ମେଗାଓ୍ୱାଟ (ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି)	31.600 13.400	158.000 67·000
ବିଭିନ୍ନ ସ୍ୱସାୟନକ ସାର	4475 ମେଟ୍ରିକଟନ/ଦୈନକ	44.911	166.283
ଆଲୁମିନୟମ୍ ପ୍ଲାଣ୍ଟ	150 ମେଟ୍ରିକଟନ/ଦୈନକ	17·494	38.687
ମୋଟ ଶିଳ୍ପବ୍ଲକ ନମିତ୍ତ		107.405	429.970

ଏହି ପଶ୍ଚିମ ସୈନ୍ଧବ-ଗାଙ୍ଗେୟ ସମତଳ ଅଞ୍ଚଳରେ ପୁଞ୍ଜିଲଗାଣ ପ୍ରାୟ 430 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ । ଶିଳ୍ପ ବିଭାଗରୁ କେବଳ 57 କୋଟି ଟଙ୍କା ଆୟ ହେବାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ।

ସାରଣୀ—14

ପଶ୍ଚିମ ଉତ୍ତର ପ୍ରଦେଶ

ଯୋଜନାର କୃଷି ଅର୍ଥନୀତି ।

ପ୍ରସ୍ତାବିତ ଜଳସେଚିତ ଅଞ୍ଚଳ	1·5 ନିୟୁତ ହେକ୍ଟାର
ନଳକୂପ ସଂଖ୍ୟା	25,800
a) ଅଗଭୀର	12, 950
b) ଗଭୀର	12, 850
ଅତିରିକ୍ତ ବାର୍ଷିକ କୃଷି ଉତ୍ପାଦନ	2·242 କୋଟି ଟନ
କୃଷିରୁ ବାର୍ଷିକ ନିଟ୍ ଆୟ	
a) ଯାନ୍ତ୍ରିକ କୃଷିପ୍ରଣାଳୀରେ	721·5 କୋଟି ଟଙ୍କା
b) ପ୍ରଚଳିତ କୃଷିପ୍ରଣାଳୀରେ	640 6 କୋଟି ଟଙ୍କା
ବାର୍ଷିକ ରସାୟନକ ସାରର ଆବଶ୍ୟକତା	643,905 ମେଟ୍ରିକ ଟନ
କୃଷିରେ ପୁଞ୍ଜି ଲଗାଣ—	
a) ଯାନ୍ତ୍ରିକ କୃଷିପ୍ରଣାଳୀ	726·79 କୋଟି ଟଙ୍କା
b) ପ୍ରଚଳିତ କୃଷିପ୍ରଣାଳୀ	662·29 କୋଟି ଟଙ୍କା
ବାର୍ଷିକ ନିଟ ଆୟ—	
a) ଯାନ୍ତ୍ରିକ କୃଷି ପ୍ରଣାଳୀରେ	4,810 ଟଙ୍କା/ହେକଟାର ପିଛା
b) ପ୍ରଚଳିତ କୃଷିପ୍ରଣାଳୀରେ	4,271 ଟଙ୍କା/ହେକଟାର ପିଛା

ପ୍ରସ୍ତାବିତ 1.5 ନିୟୁତ ହେକ୍ଟାର ଜମିରେ ତିନିଗୁଣା ଫସଲ ଆମଦାନୀ ନିମିତ୍ତ ଏବଂ ତିନୋଟି ଫସଲ କରିବା ନିମିତ୍ତ ବାର୍ଷିକ 1680 କୋଟି ଘନମିଟର ଜଳ ଆବଶ୍ୟକ । ମୋଟ ରାସାୟନିକ ସାରରୁ ବାର୍ଷିକ 331, 982 ଟନ ଯବକ୍ଷାରଜାନ, 165,615 ଟନ ଫସଫରସ ପେଣ୍ଟକସାଇଡ ଏବଂ 146268 ଟନ k_2o ଆବଶ୍ୟକ ହେବ । ରାସାୟନିକ ସାର କାରଖାନାରୁ ଯବକ୍ଷାରଜାନ ଓ p_2o_5 ମିଳିପାରିବ କିନ୍ତୁ k_2oକୁ ବିଦେଶରୁ ଆମଦାନୀ କରିବାକୁ ପଡ଼ିବ । କୃଷି ବ୍ଲକରେ ପ୍ରଚଳିତ କୃଷି ପ୍ରଣାଳୀରେ ଶତକଡ଼ା 97.2 ଏବଂ ଯାନ୍ତ୍ରିକ କୃଷିପ୍ରଣାଳୀରେ ଶତକଡ଼ା 128.3 ଟଙ୍କା ଆୟ ହେବ ।

ବାର୍ଷିକ କୃଷି ଦ୍ରବ୍ୟର ଉତ୍ପାଦନ 3·598 କୋଟି ଟନ ହେବ । ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଶସ୍ୟ ଜାତୀୟ ଖାଦ୍ୟ 9.60 ନିୟୁତ ଟନ, ଡାଲିଜାତୀୟ 2.01 ନିୟୁତ ଟନ, ତୈଳବୀଜ 0.45 ନିୟୁତ ଟନ, ଆଖୁ 21.6 ନିୟୁତ ଟନ, ଆଳୁ 2.3 ନିୟୁତ ଟନ ହେବ । 1966-67 ଆମଦାନୀ ଅନୁଯାୟୀ ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ଯେ ଅଧିକେ ଶସ୍ୟ ଜାତୀୟ ଖାଦ୍ୟ 7.77 ନିୟୁତ ଟନ, ଡାଲିଜାତୀୟ 1.66 ନିୟୁତ ଟନ ଏବଂ ତୈଳବୀଜ 0.346 ନିୟୁତ ଟନ ଆଖୁ, 11 17 ନିୟୁତ ଟନ ଏବଂ ଆଳୁ 1 82 ନିୟୁତ ଟନ ଆମଦାନୀ ହେବ । ଏହି ଅତିରିକ୍ତ ଖାଦ୍ୟ ପଦାର୍ଥ 3 କୋଟି ଲୋକଙ୍କର ଖାଦ୍ୟ ଚାହିଦା ମେଣ୍ଟାଇ ପାରିବ ।

ଏହି ଯୋଜନାର ପ୍ରସ୍ତୁତି ଓ ପରିଚାଳନା ସମୟରେ କେତେକ ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ପଡ଼େ । କେତେକ ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ଉପକରଣର ଓଜନ ଓ ଆକୃତି ଏତେ ବଡ଼ ଯେ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ରେଳ ବା ସଡ଼କ ପଥରେ ନେବା ସମ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ । କୁଚ—ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳରେ ପରିବହନ ବ୍ୟୟ 67.5 କୋଟି ଏବଂ ସେହିପରି ଗାଙ୍ଗେୟ ସମତଳ ଅଞ୍ଚଳରେ 112 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ କୃଷିଜାତ ଦ୍ରବ୍ୟ ଗୁଡ଼ିକର ସଂରକ୍ଷଣରେ କୁଚ-ସୌରାଷ୍ଟ୍ର ଅଞ୍ଚଳରେ 15 କୋଟି ଓ ପଶ୍ଚିମ ଉତ୍ତର ପ୍ରଦେଶ ସମତଳ ଭୂମିରେ 69 କୋଟି ଟଙ୍କା ବ୍ୟୟ ହେବାର ଅଟକଳ କରାଯାଇଛି ।

ଶାନ୍ତି ପାଇଁ ବୋମା ତିଆରି
(The Peace Bomb)

200 ମିଟର ଓସାର, 30 ମିଟର ଗଭୀର, 80 କିଲୋମିଟର ଲମ୍ବ ଗୋଟିଏ ନାଳ ସାମାନ୍ୟ ପାହାଡ଼ିଆ ଅଞ୍ଚଳରେ ଯଦି ପ୍ରଚଳିତ ରାସାୟନିକ ଡ଼ିନାମାଇଟ ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା ଖୋଦନ କରାଯାଏ, ତେବେ ବ୍ୟୟ ପ୍ରାୟ 3,000 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ । କିନ୍ତୁ

ଭୂନିମ୍ନରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା ଯଦି ଏହି ଖୋଦନ କାର୍ଯ୍ୟ କରାହୁଏ, ତେବେ ପ୍ରାୟ 300 କୋଟି ଟଙ୍କା ବ୍ୟୟ ହେବ । 10 କୋଟି ଘନମିଟର ମାଟି ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା ଖୋଦିତ ହେଲେ ବ୍ୟୟ ପ୍ରାୟ 5 କୋଟି ଟଙ୍କା ହେବ; କିନ୍ତୁ ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତି ଦ୍ୱାରା ଏହି ବ୍ୟୟ 10 ଗୁଣ ବଢ଼ିଯିବ ।

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବୋମାର ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି ସହି ବ୍ୟୟ ହ୍ରାସ ପାଇଥାଏ । ଯଦି ଡିନାମାଇଟ୍ ବିସ୍ଫୋରଣ ଶକ୍ତି ଟନ TNT ପ୍ରତି 5,000 ଟଙ୍କା ହୁଏ ତେବେ 10 କିଲୋଟନ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବୋମା ପ୍ରୟୋଗରେ ବ୍ୟୟ ଏହାର 1/10 ଭାଗ ହେବ । ଯଦି 100 କିଲୋଟନ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବୋମା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ତେବେ ବ୍ୟୟ 1/100 ଭାଗ ହେବ । ଯଦି ମେଗାଟନ ବୋମା ବ୍ୟବହାର ହେବ ତେବେ ଖର୍ଚ୍ଚ ଟନ ପିଛୁ ମାତ୍ର 5 ଟଙ୍କା ହେବ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଦୁଇ ମିଟର ବ୍ୟାସରୁ କମ ଏକ ଗର୍ଭରେ ଏହି ମେଗାଟନ ବୋମା ରଖାଯାଇ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଯାଇ ପାରିବ । କିନ୍ତୁ ଏଥିନିମିତ୍ତ ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତିରେ 500,000 ଘନମିଟର ସ୍ଥାନ ଆବଶ୍ୟକ ।

ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ବା ଜଳ ନିମ୍ନରେ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟିଲେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଜନିତ ବିପଦ ଖୁବ ବେଶୀ ଦେଖା ଦେଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଭୂନିମ୍ନରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟିଲେ ତେଜସ୍କ୍ରିୟତା ଖୁବ କମ ହୋଇଥାଏ ।

ଆଧାରିତ ବିସ୍ଫୋରଣ (Contained Explosion)—

ଭୂଗର୍ଭରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇ ଗହ୍ୱର ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରେ । ଏପରିକି ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଏହି ଗହ୍ୱରର ସତ୍ତା ମଧ୍ୟ ଉପଲବ୍ଧି କରି ହେବ ନାହିଁ । ଭୂଗର୍ଭରେ ଏହି ଗହ୍ୱର ନିକଟରେ କାହିଁ କେଉଁଠି କେମିତି ଯଦି ତେଲ ବା ଗ୍ୟାସ ଥାଏ ତେବେ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଏଗୁଡ଼ିକ ଏହି ଗହ୍ୱର ମଧ୍ୟରେ ଆସି ଜମା ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଏହି ଗହ୍ୱରରୁ ଗ୍ୟାସ ବା ତେଲ ସ୍ୱଳ୍ପ ବ୍ୟୟରେ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଆଣି ଉପଯୋଗ କରାଯାଇ ପାରେ ।

ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଭୂଗର୍ଭରେ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥର ନିଷ୍କାସନ କାର୍ଯ୍ୟରେ ଏହା ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଏହି ଗହ୍ୱରରେ ଶିଳ୍ପକାରଖାନାର ଯାବତୀୟ ମଇଳା ଆବର୍ଜନା ଯାହାକି ସ୍ୱାସ୍ଥ୍ୟପକ୍ଷରେ କ୍ଷତିକାରକ ପୋତି ଦିଆଯାଇପାରିବ ।

ଗୁଜରାଟ ଓ ଆସାମରେ ଭୂନିମ୍ନ ପେଟ୍ରୋଲିୟମ୍ ତୈଳାଶୟ ମାନଙ୍କରୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା ଗହ୍ୱର ସୃଷ୍ଟି କରି ତୈଳ ସଂଗ୍ରହ ହୋଇପାରିବ । ଏହାର ବ୍ୟୟ ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତି ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରାୟ ଛ ଭାଗରୁ ଏକ ଭାଗ ହେବ ।

ଗ୍ରାନାଇଟ୍ ଶିଳାତଳ ବିସ୍ଫୋରଣରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଏକ କିଲୋଟନ୍ ବୋମା ପ୍ରାୟ 400,000 ଟନ୍ ଶିଳାକୁ ଭାଙ୍ଗି ଦେଇପାରେ ଏହାର ଭୂକମ୍ପ ତରଙ୍ଗ 70 ମିଟର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଉପଲବ୍ଧି କରିହେବ ଏବଂ 150 ମିଟର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଶିଳାଚ୍ୟୁତି ଘଟିବ ।

ଏହାଛଡ଼ା ରାଜସ୍ଥାନର ଖେତ୍ରୀ, ମାଧାନ-କୁଧାନ, କୋଲିହାନ ଆକୱାଲି, ଭରିବୋ ଏବଂ ବିହାରପ୍ରଦେଶର ଘାଟଶୀଳା, ରାଖା, ରେମ ସିଦ୍ଧେଶ୍ୱର, ରାମଚନ୍ଦ୍ରପାହାଡ ଏବଂ ଆନ୍ଧ୍ରପ୍ରଦେଶର ଆଗନିଗୁଣ୍ଡାଲ୍ଲ ବେଲାମ୍ପାଲି, ମେଲାରାମଠାରେ ବହୁପରିମାଣର ନିମ୍ନଶ୍ରେଣୀର (Low Grade) ଧାତବ ପିଣ୍ଡ (Ore) ମହଜୁଦ ଅଛି । ଏଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରୁ କେତେକ ବହୁ ଗଭୀରତାରେ ମିଳିପାରିବ । ପ୍ରଚଳିତ ପଦ୍ଧତିରେ ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ ପାଇବା ବ୍ୟବସାପେକ୍ଷ, କିନ୍ତୁ ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣ ଦ୍ୱାରା ତାହା ଖୁବ୍ କମ୍ ବ୍ୟୟରେ କରିହେବ ।

ବିସ୍ଫୋରଣର ବାହ୍ୟ ପ୍ରଭାବ (External Effect of Explosion)

ନିଉକ୍ଲିୟାର ବିସ୍ଫୋରଣର ଅନ୍ୟ ଏକ ଶାନ୍ତିକାଳୀନ ପ୍ରୟୋଗ ହେଲା ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଖୋଦନ କରିବା । ଏହାଦ୍ୱାରା ପୋତାଶ୍ରୟ, ଶିଳାପୂର୍ଣ୍ଣ ବନ୍ଧ, ବଡ଼ ବଡ଼ ଜଳାଶୟ, ପାହାଡ଼ିଆ ଅଞ୍ଚଳରେ ରାଜପଥ ଓ ରେଳପଥ ନିର୍ମାଣ ଏବଂ ନଦୀ ମଧ୍ୟରେ କେନାଲ ଖନନ କରାଯାଇପାରିବ । ବନ୍ୟା ନିୟନ୍ତ୍ରଣ ନିମିତ୍ତ ମଧ୍ୟ ଖନନ କାର୍ଯ୍ୟ ହୋଇପାରିବ ।

ରାଜସ୍ଥାନ ଓ ଗୁଜରାଟର ଅଧିକାଂଶ ଅଞ୍ଚଳ ଜଳଶୂନ୍ୟ ଅଟେ । ଭୂନିମ୍ନରେ ବିସ୍ଫୋରଣ ଘଟାଇ ବିରାଟ ଗହ୍ୱର ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରିବ । ଭୂନିମ୍ନର ଜଳ ଏହି ଗହ୍ୱରରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ହେଲେ ଏହା ଏକ ବିରାଟ ଜଳାଶୟରେ ପରିଣତ ହେବ ଏବଂ ଏଥିରୁ ଜଳକୁ ଉପଯୋଗ କରି ନାନାଦି କାର୍ଯ୍ୟ କରିହେବ ।

ମୌସୁମି ବାୟୁ ପ୍ରବାହ ସମୟରେ ଅଧିକାଂଶ ଗଙ୍ଗାଜଳ ବଙ୍ଗୋପସାଗର ମଧ୍ୟକୁ ଯିବାବେଳେ ଗଙ୍ଗୋପତ୍ୟକାରେ ବନ୍ୟା ପ୍ଲାବନ କରିଥାଏ । ଏହି ବନ୍ୟା ଦାଉରୁ ରକ୍ଷା-ପାଇବା ନିମିତ୍ତ ଅଭିନବ ପନ୍ଥା ଗ୍ରହଣ କରାଯାଉଛି । ଗଙ୍ଗା ନଦୀକୁ ଦକ୍ଷିଣାତ୍ୟର କାବେରୀ

ନଦୀ ଦ୍ୱେ 2500 କିଲୋମିଟର କେନାଲ ଦ୍ୱାରା ସଯୋଗ କରିବାର ଏକ ଯୋଜନା ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଉଛି । ଏହାଦ୍ୱାରା ଗଙ୍ଗା ନଦୀର ବଳକା ଜଳ ଏହି କେନାଲ ଦ୍ୱାରା କାବେରୀ ନଦୀକୁ ପଠାଯାଇ ପାରିବ ଏବଂ ବନ୍ୟା ଦାଉ ହ୍ରାସ ହେବ । ଏହାର ଅନ୍ୟ ଏକ ବିକଳ୍ପ ପନ୍ଥା ହେଲା ନଦୀ କୂଳେ କୂଳେ ଭୂନିମ୍ନରେ ଜଳାଶୟ ସୃଷ୍ଟି କରାଯାଇପାରିବ ଏବଂ ଶୁଷ୍କ ସମୟରେ ଏହି ଜଳକୁ ଉପଯୋଗ କରାହେବ ।

ଗଙ୍ଗା ଓ କାବେରୀ କେନାଲ ଖନନ ନିମିତ୍ତ କେତେକ ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥକୁ ଏକ ସରଳରେଖାରେ ରଖି ଏକ ସମୟରେ ବିସ୍ଫୋରଣ କରାଯିବ ଏବଂ ବିସ୍ଫୋରକ ପଦାର୍ଥ ଏପରି ହେବା ଅବଶ୍ୟକ ଯେପରି ବିସ୍ଫୋରଣ ପରେ ସ୍ଥାନ ପ୍ରଶସ୍ତ ହୋଇପାରିବ ।

ପାର୍ବତ୍ୟ ଉପତ୍ୟକା ଅଞ୍ଚଳରେ ରେଳପଥ ଓ ରାଜପଥ ନିର୍ମାଣ କରିବା ନିମିତ୍ତ କ୍ରମିକ ବିସ୍ଫୋରଣ (Row Det nation) ପଦ୍ଧତି ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଇପାରେ ।



ପରିଶିଷ୍ଟ—1

ମୌଳିକ ବସ୍ତୁଗୁଡ଼ିକର ତାଲିକା

ଆଣବିକକ୍ରମାଙ୍କ Atomic Number	ମୌଳିକବସ୍ତୁର ନାମ Name of the Element	ସଙ୍କେତ Symbol	ଆଣବିକ ଓଜନ Atomic Weight
1	ହାଇଡ୍ରୋଜେନ୍	H	1.008
2	ହିଲିୟମ୍	He	4.003
3	ଲିଥିୟମ୍	Li	6.939
4	ବେରିଲିୟମ	Be	9.012
5	ବୋରନ	B	10.81
6	କାରବନ୍	C	12.011
7	ନାଇଟ୍ରୋଜେନ୍	N	14.007
8	ଅକ୍‌ସିଜେନ୍	O	15.9994
9	ଫ୍ଲୁରିନ୍	F	18.998
10	ନିଅନ୍	Ne	20.183
11	ସୋଡ଼ିୟମ୍	Na	22.99
12	ମ୍ୟାଗନେସିୟମ୍	Mg	24.31
13	ଆଲୁମିନିୟମ୍	Al	26.98
14	ସିଲିକନ୍	Si	28.09
15	ଫସଫରସ୍	P	30.974
16	ସଲଫର୍	S	32.064
17	କ୍ଲୋରିନ୍	Cl	35.453
18	ଆରଗନ୍	A	39.948
19	ପୋଟାସିୟମ୍	K	39.02
20	କାଲ୍‌ସିୟମ୍	Ca	40.08
21	ସ୍କାଣ୍ଡିୟମ୍	Sc	44.96
22	ଟିଟାନିୟମ୍	Ti	47.9

23	ଭାନାଡ଼ିୟମ୍	V	50.94
24	କ୍ରୋମିୟମ୍	Cr	51.9:6
25	ମାଙ୍ଗାନିଜ୍	Mn	54.94
26	ଆଇରନ	Fe	୫୫.85
27	କୋବାଲ୍ଟ୍	Co	58·93
28	ନିକେଲ୍	Ni	58·71
29	କପର୍	Cu	63·54
30	ଜିଙ୍କ୍	Zn	65·37
31	ଗେଲିୟମ୍	Ga	69·72
32	ଜର୍ମାନିୟମ୍	Ge	72·59
33	ଆର୍ସେନିକ୍	As	74·98
34	ସେଲେନିୟମ୍	Se	78·96
35	ବ୍ରୋମିନ୍	Br	79·909
36	କ୍ରିପ୍ଟନ	Kr	83·8
37	ରୁବିଡ଼ିୟମ୍	Rb	85·48
38	ଷ୍ଟ୍ରୋନ୍ସିୟମ୍	Sr	87·62
39	ଏଟ୍ରିୟମ୍	Y	88·91
40	ଜିରକୋନିୟମ୍	Zr	91·22
41	କଲମ୍ବିୟମ୍ ବା	Cb ବା	
	ନିଓବିୟମ୍	Nb	92·91
42	ମଲିବଡେନମ୍	Mo	95.94
43	ଟେକନେସିୟମ୍	Te	99
44	ରୁଥେନିୟମ୍	Ru	101·07
45	ରୋଡ଼ିୟମ୍	Rh	102·91
46	ପାଲାଡ଼ିୟମ୍	Pd	106·4
47	ସିଲ୍ଭର	Ag	107·87
48	କ୍ୟାଡ଼ମିୟମ୍	Cd	112·40
49	ଇଣ୍ଡିୟମ୍	In	114·76
50	ଟିନ୍	Sn	118 69
51	ଆଣ୍ଟିମୋନୀ	Sb	121·75

52	ଟେଲୁରିୟମ୍	Te	127·60
53	ଆଇଓଡ଼ିନ୍	I	126·90
54	ଜେନନ୍	Xe	131.3
55	ସିଜିୟମ୍	Cs	132.905
56	ବେରିୟମ୍	Ba	137·34
57	ଲନଥାନମ୍	La	138.91
58	ସେରିୟମ୍	Ce	140.12
59	ପ୍ରେସିଓଡାଇମିୟମ୍	Pr	140.91
60	ନିଓଡାଇମିୟମ୍	Nd	144.24
61	ପ୍ରୋମେଥିୟମ୍	Pm	145
62	ସାମାରିୟମ୍	Sm	150.35
63	ୟୁରୋପିୟମ୍	Eu	151.96
64	ଗାଡ଼ୋଲିନିୟମ୍	Gd	157.25
65	ଟରବିୟମ୍	Tb	158.92
66	ଡ଼ିସପ୍ରୋସିୟମ୍	Dy	162.50
67	ହୋଲମିୟମ୍	Ho	164.93
68	ଏରବିୟମ୍	Eb	167.26
69	ଥୁଲିୟମ୍	Tın	168.93
70	ଏଟେରବିୟମ୍	yb	173·04
71	ଲୁଟେସିୟମ୍	Lu	174·97
72	ହାଫନିୟମ୍	Hf	178.49
73	ଟାନଟାଲମ୍	Ta	180·95
74	ଟଙ୍ଗସଟେନ୍	W	183.85
75	ରେନିୟମ୍	Re	186.20
76	ଅସମିୟମ୍	Os	190.2
77	ଇରିଡ଼ିୟମ୍	Ir	192.2
78	ପ୍ଲାଟିନମ	Pt	195.09
79	ଗୋଲଡ଼୍	Au	196.967
80	ମରକ୍ୟୁରି	Hg	200.59
81	ଥେଲିୟମ୍	Tl	204.37

82	ଲେଡ୍	Pb	207.19
83	ବିସମଥ୍	Bi	208.98
84	ପୋଲୋନିୟମ	Po	210
85	ଆସଟାଟିନ୍	At	210
86	ରାଡନ୍	Rn	222
87	ଫ୍ରାନସିୟମ୍	Fr	227
88	ରେଡିୟମ	Ra	226·05
89	ଆକଟିନିୟମ	Ac	227
90	ଥୋରିୟମ	Th	234·04
91	ପ୍ରୋଟୋଆକ୍ଟିନିୟମ	Pa	231
92	ୟୁରାନିୟମ୍	U	238.03

ଟ୍ରାନସ-ୟୁରାନିକ୍ ମୌଳିକବସ୍ତୁ । ଏହି ମୌଳିକବସ୍ତୁ ଗୁଡ଼ିକର ଆଣବିକ କ୍ରମାଙ୍କ ୟୁରାନିୟମର ଆଣବିକ କ୍ରମାଙ୍କ-92 ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ଏଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରକୃତିରେ ଦେଖାଯାନ୍ତି ନାହିଁ ।

ଆଣବିକକ୍ରମାଙ୍କ	ମୌଳିକବସ୍ତୁର ନାମ	ସଙ୍କେତ
93	ନେପଚୁନିୟମ	Np
94	ପ୍ଲୁଟୋନିୟମ	Pu
95	ଆମେରିସିୟମ୍	Am
96	କ୍ୟୁରିୟମ	Cm
97	ବରକେଲିୟମ	Bk
98	କାଲିଫର୍ଣ୍ଣିୟମ୍	Cf
99	ଆଇନଷ୍ଟାଇନିୟମ	Es
100	ଫରମିୟମ	Fm
101	ମେଣ୍ଡେଲିଭିୟମ୍	Md
102	ନୋବେଲିୟମ	No
103	ଲରେନସିୟମ	Lw
104	କୁରଚେଟୋଭିୟମ	

ପରିଶିଷ୍ଟ II

ଶକ୍ତି ଏକକର ପ୍ରବର୍ତ୍ତନ ସାରଣୀ

(Energy Unit Conversion Table)

		erg	Joule (watt-sec)	kwh	cal	ev	Mev	amu
1 erg	=	1	10^{-7}	2.78×10^{-14}	2.4×10^{-8}	6.24×10^{11}	6.24×10^{5}	6.70×10^{2}
1 Joule (watt-sec)	=	10^{7}	1	2.78×10^{-7}	0.24	6.24×10^{18}	6.24×10^{12}	6.70×10^{9}
1 kwh	=	3.6×10^{13}	3.6×10^{6}	1	8.75×10^{5}	2.25×10^{25}	2.25×10^{19}	2.41×10^{16}
1 cal	=	4.18×10^{7}	4.18	1.14×10^{-6}	1	2.6×10^{19}	2.6×10^{13}	2.80×10^{10}
1 ev	=	1.602×10^{-12}	1.602×10^{-19}	4.45×10^{-26}	3.83×10^{-20}	1	10^{-6}	1.074×10^{-9}
1 Mev	=	1.602×10^{-6}	1.602×10^{-13}	4.45×10^{-20}	3.83×10^{-14}	10^{6}	1	1.074×10^{-3}
1 amu	=	1.49×10^{-3}	1.49×10^{-10}	4.14×10^{-17}	3.6×10^{-11}	9.31×10^{8}	931	1

ପରିଶିଷ୍ଟ III

* ପୃଥିବୀର କେତେକ ପାଓ୍ୱାର ରିଆକ୍ଟରର ତାଲିକା

କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ପାଓ୍ୱାର ରିଆକ୍ଟର		
ନାମ/ସ୍ଥାନ	ପ୍ରକାର/ନିଟ୍ଉତ୍ପାଦନ M.W ( )	କ୍ରାନ୍ତିକତା ତାରିଖ
ବେଲଜିୟମ୍		
BR-3/Mol.	PWR/10.5	ଅଗଷ୍ଟ 1962
କାନାଡ଼ା		
NPD/Rolphton	PHWR/22.5	ଅପ୍ରେଲ 1962
CANDU-PHW-200/ Douglas Point	PHWR/203	ନଭେମ୍ବର 1966
ଫ୍ରାନସ୍		
G-2, G-3/Marcoule	GCR/2×40	ଜୁଲାଇ1958/ଜୁନ1959
CHINON-1/EDF-1 Chinon	GCR/70	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1962
CHINON-2/EDF-2 Chinon	GCR/200	ଅଗଷ୍ଟ 1964
CHINON-3/EDF-3	GCR/480	ମାର୍ଚ୍ଚ 1966
CHOOZ (SENA)/ Chooz	PWR/266	ଅକ୍ଟୋବର 1966
EL-4/Brennilis	HWGCR/70	ଡିସେମ୍ବର 1966

* Sciene Today September 1·69ରୁ ଗୃହୀତ ।

ଜର୍ମାନୀ ସାଧାରଣତନ୍ତ୍ର

KAHL/Grosswel-zheim/Kahl (Main)	BWR/15	ନଭେମ୍ବର	1960
MZFR/Karlsruhe	PHWR/50	ସେପ୍ଟେମ୍ବର	1965
KRB/Gundremmingen	BWR/237	ଅଗଷ୍ଟ	1966
AVR/Julich	HTGR/13.2	ଅଗଷ୍ଟ	1966
KWL/Lingen	BWR/252	ଫେବୃୟାରୀ	1968
KWO/Obrigheim	PWR/283	ସେପ୍ଟେମ୍ବର	1968

ଭାରତ

TARAPUR/Tarapur	BWR/2×190	ଅପ୍ରେଲ	1969
RAJASTHAN-1 Ranapratap Sagar	PHWR/200	ଅଗଷ୍ଟ	1972

ଇଟାଲୀ

LATINA/(SIMEA) Latina (Foce Verde)	GCR/200	ଡିସେମ୍ବର	1962
GARIGLIANO/(SENN) Garigliano (Sessa Aurunca)	BWR/150	ଜୁନ	1963
ENRICO FERMI/(SELNI) Trino Vercellese	PWR/247	ଜୁନ	1964

ଜାପାନ

JPDR/Tokai-Mura	BWR/11.25	ଅଗଷ୍ଟ	1963
JAPAN-ATOMIC-1 Tokai-Mura	GCR/166	ମଇ	1965

ନେଦରଲାଣ୍ଡ		
DODEWAARD Dodewaard	BWR/51.5	ଜୁନ 1968
ସ୍ପେନ		
ZORITA-1/Zorita delos canes	PWR/153	ଜୁନ 1968
ସ୍ୱିଡେନ		
AGESTA/Agesta	PHWR/10	ଜୁଲାଇ 1963
ସ୍ୱିଜରଲାଣ୍ଡ		
LUCENS/Lucens	HWGCR/7	ଡିସେମ୍ବର 1966
ୟୁ.କେ.		
CALDER HALL Calder Hall	GCR/4×50	ମଇ 1956/ ମାର୍ଚ୍ଚ 1959
CHAPELCROSS Chapelcross	GCR/4×45	ନଭେମ୍ବର 1958/ ଡିସେମ୍ବର 1959
DFR/Dounreay	FBR/12.7	ନଭେମ୍ବର 1959
BERKELEY Berkeley	GCR/2×138	ଅଗଷ୍ଟ 1961/ ମାର୍ଚ୍ଚ 1962
BRDWELL Bradwell	GCR/2×150	ଅଗଷ୍ଟ 1961/ ଅପ୍ରେଲ 1962
WAGR/windscale	AGR/30.4	ଅଗଷ୍ଟ 1962
HUNTERSTON-A Hunterston	GCR/2×161	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1963/ ମାର୍ଚ୍ଚ 1964
HINKLEY POINT-A	GCR/2×262	ମଇ 1961/

Hinkley Point		ଅକ୍ଟୋବର 1964
TRAWSFYNYDD	GCR/2×250	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1964/
Trawsfynydd		ଡ଼ିସେମ୍ବର 1964
SIZE WELL	GCR/2×289	ଜୁନ 1965/
Size well		ଡିସେମ୍ବର 1965
DUNGENESS-A	GCR/2×275	ଜୁନ 1965/
Dungeness		ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1965
OLDBURY/Oldbury	GCR/2×300	ଅଗଷ୍ଟ 1967/
		ଡ଼ିସେମ୍ବର 1967
SCHWR-100/wnifrith	HWLWR/100	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1967

ଆମେରିକା

SHIPPINGPORT	PWR/90	ଡିସେମ୍ବର 1957
Shippingport		
DRESDEN-1	BWR/200	ଅକ୍ଟୋବର 1959
Morris(III)		
YANKEE	PWR/175	ଅଗଷ୍ଟ 1960
Rowe		
SAXTON	PWR/3	ଅପ୍ରେଲ 1962
Soxton (Pa)		
INDIAN POINT-I	PWR-270	ଅଗଷ୍ଟ 1962
Indian point		
BIG ROCK POINT	BWR/70·4	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1962
Big Rock Point (Mich)		
ERR/Elk River	BWR/22	ନଭେମ୍ବର 1962
HUMBOLDT BAY	BWR/68.5	ଫେବ୍ରୁଆରି 1963
Eureka		
ENRICO FERMI		
Lagoona Beach	FBR/60·9	ଅଗଷ୍ଟ 1963

EBR-2/NRTS, I daho	FBR/16·5	ନଭେମ୍ବର 1963
NPR/Richland	LWGR/790	ଡିସେମ୍ବର 1963
PATHFINDER Sioux Falls	BWR+ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ଅତିତାପ/58·5	ମାର୍ଚ୍ଚ 1964
PEACH BOTTOM-1 Peach Bottom	HTGR/40	ମାର୍ଚ୍ଚ 1966
LACBWR/Genoa (wisc)	BWR/50	ଜୁଲାଇ 1967
SAN ONOFRE San Onofre	PW/R430	ଜୁନ 1967
CONNECTICUT YANKEE/Hddam Neek	PWR/462	ଜୁଲାଇ 1967

ସୋଭିଏତ୍ ୟୁନିୟନ

APS/obninsk	LWGR/5	ମଇ 1954
ATOMS ON WHEELS obninsk	PWR/1.5	1961
SIBERIAN Troitsk	LWGR/6×100	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1958 ଡିସେମ୍ବର 1962
ARBUS Melekess	OMR/0.50	ଜୁନ 1963
URAL-1 Beloyarsk	BWR+ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ଅତିତାପ/94	ସେପ୍ଟେମ୍ବର 1963
WWER-1 Novo Voronezh	PWR/196	ଡିସେମ୍ବର 1963
Vk-50	BWR/70	ଅପ୍ରେଲ୍ 1965

(Uly anovsk)		
Melekess		
URAL-II	BWR+ନିଉକ୍ଲିୟାର	
Beloyarsk	ଅତିତାପ/200	ଅକ୍ଟୋବର 1967

ନିର୍ମାଣ ଅବସ୍ଥାରେ ପାୱାର ରିଆକ୍ଟର

ନାମ/ସ୍ଥାନ	ପ୍ରକାର/ଉତ୍ପାଦନ Mw (e)	କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମତା ତାରିଖ
ଭାରତ		
RAJASTHAN 2	PHWR/200	1975
Ranapratapsagar		
KALPAKAM-1	PHWR/200	1976
Kalpakam near Madras		
KALPAKAM-2	PHWR/200	
Near Madras		
NARORA	/2×235	1980/1981
Uttar Pradesh		
ବୁଲଗେରିଆ		
KOZLODUY	PWR/2×400	1973/1974
Kozloduy		
କାନାଡା		
CANDU-PHW-500	PHWR/2×505	1971/1973
Pickering near Toronto		

ଜାପାନ

TOKYO-2 Fukushima	BWR/784	1973

ୟୁ. କେ.

HUNTERSTON-B Hunterston	AGR/2×600	1973
SEATON CAREW Seaton carew near Hartlepod	AGR/2×625	1973/1974

ଆମେରିକା

OCONEE-3 Clemson (S. Carol)	PWR/914	1973
PEACH BOTTOM-3 Peach Bottom (Pa)	BWR/1100	1973
PANCHO SECO Sacramento (Cal)	BWR/850	1973
SALEM-2 Lower Alleways Creek (N. J)	PWR/1050	1973
CRYSTAL RIVER-4 Tampa (Fla)	PWR/855	1974
PRAIRIE ISLAND-2 Red wing (Minn)	PWR/559-582	1974

ସଂକ୍ଷେପୀକରଣ ତାଲିକା

AGR — ଉନ୍ନତ ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।

BHWR — ଫୁଟନ୍ତା ଭାରିଜଳ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।

BWR — ଫୁଟନ୍ତା ହାଲୁକାଜଳ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।

FBR — ଦ୍ରୁତ ପ୍ରଜନକ ରିଆକ୍ଟର ।

GCR — ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।

HTGR — ଉଚ୍ଚ ଉତ୍ତାପ ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।

HWGCR — ଭାରିଜଳ ମନ୍ଦିତ ଗ୍ୟାସ୍ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।

HWLWR — ଭାରିଜଳ ମନ୍ଦିତ, ହାଲୁକା ଜଳ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।

HWOR — ଭାରିଜଳ ମନ୍ଦିତ, ଜୈବ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।

LWGCR — ହାଲୁକାଜଳ ମନ୍ଦିତ, ଗ୍ୟାସ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।

LWGR — ହାଲୁକା ଜଳ ଶୀତଳିତ ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।

OMR — ଜୈବ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।

PHWR — ଚାପଯୁକ୍ତ ଭାରିଜଳ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।

PWR — ଚାପଯୁକ୍ତ ହାଲୁକାଜଳ ମନ୍ଦିତ ଓ ଶୀତଳିତ ରିଆକ୍ଟର ।

SGR — ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳିତ, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।

SZR — ସୋଡ଼ିୟମ୍ ଶୀତଳିତ, ଜିରକୋନିୟମ୍ ହାଇଡ୍ରାଇଡ଼ ମନ୍ଦିତ ରିଆକ୍ଟର ।
